

天河寻梦

主编　张金方　邓先明　编写　朱　凯

中国建材工业出版社

TIAN WEN AI HAO ZHE CONG SHU

责任编辑：王苏娅
封面设计：郭 媛

天文爱好者丛书

策划：北京汉洲文化艺术有限责任公司



ISBN 7-80090-816-X/G·144
（共12册）总定价：70.00元

天文爱好者丛书②

天河寻梦

编写　朱凯

中国建材工业出版社

目　录

我们的天河

银河系的成员

银河系生物探源

银河系红外光学

银河迢迢

我国古代把银河也叫天河、银汉。大诗人白居易在《七夕》诗中有："烟宵微月澹长空，银汉秋期万古同，几许欢情与离恨，年年并在此宵中"。我国现代著名的大诗人郭沫若在他的诗中也曾写道："你看那浅浅的天河，定然不甚宽广。我想那隔河的牛女，定能够骑着牛儿来往。我想他们此刻，定然在天街闲游。不信，请看那朵流星，是他们提着灯笼在走"。

夏夜星空中从东北向南横跨天空的银河，宛如奔腾的急流，一泻千里。迢迢的银河引起多少美丽的遐想和动人的故事。其实，一年四季都可以看到银河，只不过夏秋之交看到了银

河最明亮壮观的部分。银河经过的主要星座有：天鹅座、天鹰座、狐狸座、天箭座、蛇夫座、盾牌座、人马座、天蝎座、天坛府、矩尺座、豺狼座、南三角座、圆规座、苍蝇座、南十字座、船帆座、船尾座、麒麟座、猎户座、金牛座、双子座、御夫座、英仙座、仙后座和蝎虎座。银河在天空明暗不一，宽窄不等。最窄只4°～5°，最宽约30°。银河为什么是白茫茫的呢？伽利略发明天文望远镜以后，带着这个不解之谜，把望远镜指向银河，原来银河是由密集的恒星组成的。为什么只有这一“带形”天区的恒星最密集呢？原来是由1000多亿颗恒星组成一个透镜形的庞大的恒星体系，我们太阳系就在这个体系之中。我们从太阳系向周围看到盘状的边缘部分呈带形天区。这个天区的恒星投影最密集，这就是我们看到的银河。这个庞大的恒星体系也由银河得名，叫银河系。

如果说地球的家是太阳系，那么银河系就是太阳之家居住的巨大恒星城。人类对这座“城市”的认识，首先还是从认识恒星开始，逐渐把恒星和银河连在一起进入宏观构想。1750年，英国天文学家赖特发表了《宇宙的新理论》一书。他根据银河状况，推测恒星系统的空间分布不是

在所有方向都对称的，很可能是扁平的，银河可能是这个扁平的恒星体系在长轴方向的星群密集外观。这是最早认识银河和银河系的人。1755年，德国哲学家康德在《宇宙发展史概论》一书中提出恒星和银河之间可能组成一个巨大的天体系统。1761年，德国数学家朗伯特在《宇宙论书简》一书中也有类似的推想，然而，最早通过自己的天文观测研究恒星体系，要算著名英国天文学家威廉·赫歇耳。他总结了上述几位天文学家的推想并于1785年，根据自己对恒星的观测统计，绘出一幅扁平状的银河系形体，并认为太阳系位于银河系中心区。这是第一个证实了比太阳系更高一层次的巨型天体系统的存在，具有划时代的意义。

太阳系真的位居银河系中心区吗？1918年，美国著名天文学家沙普利用4年时间的观测和研究，提出太阳系不在银河系中心，而是在银河系的边缘。银河系的中心应在人马座方向。1926年，瑞典天文学家林得布拉德在详细研究了恒星视运动的基础上，分析出银河系也在自转，把对银河系的认识大大向前推进了一步。1927年，荷兰天文学家奥尔特证明我们所在的巨大恒星系统——银河系确实在绕中心自转，同时说明银河

系的整体不是固体，越靠近中心，自转越快，银河系边缘自转缓慢。一代一代的天文学家们的成果，认识银河系的真面貌，奠定了有关银河系的知识基础，揭示出我们居住在蔚然壮观的恒星城。

银河在我国古代诗文中有许多富于诗意的别名：

银河（银河沙涨三千界——白居易）；天河（雨收残水入天河——王建）；星河（三峡星河影动摇——杜甫）；明河（明河川上没——戴叔伦）；长河（长河渐落晓星沉——李商隐）；秋河（秋河曙耿耿——谢朓）；绛河（云销出绛河——王维）；银汉（梦长银汉落——李白）；银潢（银潢左界上通灵——苏轼）；河汉（微云澹河汉——孟浩然）；云汉（浮云汉之汤汤——张衡）；天汉（天汉回西流——魏文帝）；天津（朝发轫于天津兮——屈原）。此外，在古诗中，银河还有天潢、天杭、星汉、绛霄、丹霄、天江、倾河、天横等别名。

夏天无月的夜晚，你昂首仰视，可以看到布满星星的天空有一条白蒙蒙的光带，从南向北，横贯苍穹，好像一条奔腾

的江河，人们称之为银河。“天河”“星河”“银浦”“银汉”等等都是我国古人给它的别称，西方英语里的银河则是“牛奶色道路”的意思。

别忘了，夜晚我们看到的只是半个天空，还有半个天空在地球的另外半面，所以我们看到的往往只是半圈银河，另外半圈银河在地平线以下。两个半圈合起来，才构成环绕地球的一个“银环”。

地球还在不停的运动中，既有自转，又有公转，所以在不同的季节，我们看到的银河的模样和走向也大不相同。

银河真的是波浪翻卷的河流，或是仙后洒下的乳汁，或是水汽凝成的白雾吗？

最先揭开这个秘密的是伽利略。1609年，当他第一个把一架小望远镜指向银河的时候，就一切都明白了，原来根本不是什么河流、乳汁或雾气，而是密密麻麻、不计其数的恒星，这些恒星像爽身粉中的粉粒一样多，它们交相辉映，人眼看起来像是一条白茫茫的光带。

虽然伽利略对自己的这一发现倍感惊奇，但他首要的历史使命是构筑宏伟

的经典力学大厦，再加上宗教方面的原因，所以他把进一步研究银河的任务留给了后来者。

没有水的天河

一年四季，无论你是在我们国家的什么地方，也无论你是在地球上的什么地方，晚间，都可以看到天空中那条像轻纱般的、白茫茫的“天河”。如果是在夏季，又恰逢月亮不出现在天空中的那些日子里，也没有其他灯光等干扰，天河就显得特别明亮，特别吸引人们的注意，它简直像是一条没有尽头的长河，在众星间奔流不息。

其实，银河不是河，银河里既没有水，也没有奶。只要有一架哪怕不大的望远镜，就可以看出银河是由密密麻麻的星星组成的，因为它们太多也太密，远远看去它们就连成一片白茫茫的亮光了：

为什么天上别的天区中星星都是比较稀疏的，唯独银河这条带状的天空部分内，集中了那么多的星星呢？

其实，从星星在空间的情况来看，天河里的星星和天河外的星星，分布的稀密程度大体上

是差不多的。只是，它们都集中在一个很大的范围里，自成系统。这个主要由星星组成的很大的天体系统，有着一个你大概想象不到的形状，它像个中间隆起、边缘较薄的大“烧饼”。这个星星“烧饼”可真大，从这一头的边缘到那一头的边缘，一秒钟能“走”30万公里的光线得走8万年以上，我们就说它的直径是8万多光年。“烧饼”中间隆起的部分叫做“核球”，直径也有好几千光年。

这个庞大的天体系统包含有一二千亿颗恒星，我们的太阳只是其中普通的一员。太阳并不在这个天体系统的中间部分，而是比较靠近边缘，距离附近边缘约2万来光年，也就是说，距离“烧饼”中心也有二三万光年，距离最远处的边缘则超过五六万光年。太阳离“烧饼”上下两面的距离差不太多，都是几千光年。地球绕着太阳转，所以我们也是在这个“烧饼”里面，从“烧饼”大小的角度来看我们地球，地球就在贴近太阳非常非常近的地方。

这样一来，我们向四面八方看出去，看到各部分天空星星稀密的程度就不完全一样了。当我们向“烧饼”四周边缘部分看过去时，就会觉得星星从四周围着我们，这情景跟我们在田

野里看四周远近不等的绿树丛的情况是一样的，我们会觉得绿树似乎连成了一条绿色带子围在我们四周。如果向“烧饼”中心和最远边缘方向看过去，那里的星星显得特别密集，这就是夏天晚上我们看到的天河部分，它明亮而显眼。在太阳附近边缘的方向上，星星的密集程度比不上远处，但还是相当密集的，这就是我们冬夜看到的天河部分，这部分天河比起夏夜天河来，要稍暗些。只是朝“烧饼”上下两面的方向看出去时，看到的星星才是稀稀落落的。

天河又叫银河，所以我们这个星星“烧饼”就叫“银河系”

四条旋臂

1982年，美国天文学家贾纳斯和艾德勒完成了银河系434个银河星团的图表，发表了每个星团的距离和年龄。他们绘制了太阳附近年龄不超过2000万年的银河星团的分布图，从该图上根本看不出有什么旋涡结构，而只有一小段、一小段与局部恒星形成有关的零散的旋臂，“旋涡”幻影来源于银河系复杂的旋转特性：在银盘中各处独自形成恒星的发源地，总

有机会沿银河系的旋转方向形成“串珠”，与此同时，也就出现了小段旋臂。虽然经过几千万年，银河星团中大质量的星几乎都死亡了，星团也不如原先那样明亮了，旋臂图象也就淡漠了，但新形成的年轻星团又继续显现出“幻影旋涡图案。”

我们银河系究竟有没有旋涡结构？是大尺度的双臂结构或四臂结构，还是零散的，断续状的局部旋涡结构？不同天体成分形成的旋涡图案为什么不一致？这些未解之谜仍有待于天文工作者进一步地探索。

本世纪 30 年代，光学天文工作者开始解开银河系结构之谜，测知银心在人马座方向。经过 20 多年的努力，终于确认和描绘出太阳附近的三条旋臂：靠近银心方向的是人马座旋臂，太阳位于猎户座旋臂的内侧，再往外是英仙座旋臂。旋臂间距约为 2 千秒差距（太阳距银心约 8 千秒差距）。旋臂内集中了较多年轻的大光度 O 型和 B 型星，以及电离氢（HⅡ）区等。在太阳系以南不远处，有一条亮星集中的带状区域，带长 700 秒差距，宽 70 秒差距，从猎户臂的下端伸出，指向银心，这就是有名的谷德带，带中约有 20 万颗星。重要的一点是，

看来太阳不是旋臂的成员。

1982年，天文学家又发现了银河系的第四条旋臂，该臂跨越狐狸座和天鹅座，距银心14千秒差距，即在太阳外侧约6千秒差距的地方，此臂由大小为60～80秒差距的许多分子云组成，形成串珠状。

旋涡结构

由于星际气体和尘埃的消光作用，光学望远镜难以看到更远的恒星，值得庆幸的是，1950年，发现了星际氢原子（中性氢，常用HI表示）21厘米波长发射谱线，它帮了我们的大忙。遥远的21厘米（即频率为1420兆赫）射电辐射，能够穿透“云山雾障”到达地球。但由于银河系的自转，按照多普勒效应，21厘米波长的氢谱线不仅变宽，而且还发生频率移动。谱线的频率移动值越大，就表示发出该谱线的射电源的相对视向速度越大，也就是说，该射电源离我们越远。

其次，如果射电源里面HI的含量越多，它们发射出的辐射强度也就越大。这样，从射电观测资料便可推算出，在所测方向上的星际中性氢的含量，以及它们到观测者的距离。

CO分子形成第四条旋臂

遗憾的是，在比较浓密的星际云中，氢不再是以原子的状态存在，因而这些云不能利用21厘米氢谱线探测到。好在一些分子云中混杂有一气化碳（CO）分子，通过对它的探测，便可以知道一些星际云的分布情况。1970年，美国贝尔实验室的威尔逊等人，首先探测到波长为2.6毫米（频率为115271兆赫）的一氧化碳放射线。经过几年的努力，到80年代初，科学家基本搞清楚了一气化碳在银盘中的分布情况：和HI的分布情况不一样，一氧化碳分子基本上集中在距离银心12000～240000光年的一个扁圆形大环中，在距银心1700光年的地方密度最大，含有这种一氧化碳分子诞生恒星的冷云层厚约300光年。而HI的分布则是从距离银心12000光年的地方开始，一直延伸到银河系的边缘50000光年处，它的厚度也比一氧化碳的云层为厚。

从一些河外旋涡星系的照片可以看到：亮气体星云（电离氢区，HⅡ）主要沿旋臂分布。它们是旋涡结构极好的“示踪天体”。在可见光和射电波段都能接收到它们的辐射，测量这些谱线的频移便可获得它们的视向速度。如果知道银河系的旋转曲线，还可推算出它们的距

离。法国马赛天文台的 Y·M 和 Y·P·乔治林对银河系中 268 个高激发的 HⅡ 区和 360 颗炽热星进行探测，于 1976 年发表了他们的观测结果，给出了银盘内高激发 HⅡ 区的分布情况，以及四个旋臂的位置。国际天文界认为这是银河系最好的旋涡结构图像。

庐山真面目

银河在天球上跨越 20 多个星座，占据了星空的大片区域。它经过天鹰座和天鹅座时分为两条支流，北面的一条支流紧接着蛇夫座、武仙座和天琴座，南面的一条支流经过天鹰座和狐狸座，两条支流在天鹅座 a 星（中名天津四）附近会合。由此往北，银河逐渐暗淡下来，跨过仙后座和英仙座。余下的部分经过御夫座、双子座、金牛座、猎户座和麒麟座，这一段只有在冬季的星空中才能看到。银河再往南经过船尾座、船帆座、半人马座、南十字座和矩尺座等，再转向天蝎座和人马座。这样，我们就可以看到整个银河绕过天球一周，其中心线大致在天球上投影为一个大圆。在北半天，银河的最亮部分位于天鹰座和天鹅座；在南半天，天蝎座和人马座的银河最亮；而位于麒麟

座的银河与人马座密集的星场相反，最暗淡，银河在天鹰座——天鹅座两分支间的暗淡天区常被称为大暗裂隙，另一个暗隙位于南十字座，形似“煤袋”。

银河由为数众多的恒星和星云所构成，亮星云密集处使银河增亮，暗星云则表现为银河上的暗区、暗隙。银河的平均宽度为15°左右，最宽处达30°。

因为银河以连续的环带形式完整地绕天空延伸，18世纪的天文学家便开始猜测：太阳和天空中所有的恒星大概是一个巨大的盘状集体，称做银河星系或简称银河系。当时，英国著名天文学家F·W·赫歇耳企图用计数全天683个选区中各选区的恒星数目来揭示出太阳在银河系中的位置和发现银河系的形状和大小，但由于实测结果是沿银河恒星的密集度大体上一样，他在1785年发表的结论认为：太阳位于银河系的中心。本世纪20年代，荷兰天文学家J·C·卡普坦分析了大量恒星的亮度和运动情形后，肯定了赫歇耳的观点，并得出银河系的直径约为10千秒差距，厚2千秒差距，太阳位于其中心附近。1930年，R·J·特朗普勒在研究星团时指出，由于星际尘埃的消光影

响，越远的星光显得越暗，赫歇耳和卡普坦所看到的只不过是银河系中距太阳较近的恒星，他们的结论是错误的，人们并未弄清银河系的真面目。

银河系的“庐山真面目”是H·沙普利研究球状星团的分布发现的。1917年，他画出了当时已知的93年球状星团的立体分布图，发现这些球状星团形成一个巨大球形系统，但该系统的中心不在太阳而是趋向于人马座银河中的一点，沙普利认为，球状星团的分布描绘出了银河系的真正大小和轮廓。自那时以来，国际天文界根据不断积累的新观测数据，多次修订太阳到银河系中心的距离。目前，公认的银心距 R_0＝8.5千秒差距28000光年。由于射电天文和红外天文的发展，大大增加了人们对银河系结构的了解。银河系是由核球、银盘、旋臂、银晕和银冕等部分组成的。是银河系结构示意图，银河系的主体类似体育运动用的铁饼，“圆饼”称为银盘，银盘的直径约为8万光年，中间厚，外边薄，中间部分的厚度约6000光年，太阳附近银盘厚度约3000光年，但再往外去气体增加，在外边缘气盘厚度达1万光年并有向银道面两侧翘起的态势。太阳位于银河

系中心平面以北不到30光年处。“铁饼”中间隆起部分称为核球，核球的直径约为2万光年，厚1万光年。而球状星团的球形分布则勾画出了包围着银河系主体部分的银晕的大小。银晕与银盘同心，直径约为9.8万光年，也有人认为，银晕是个旋转椭球体，长轴为16万光年，长短轴之比为2∶1。还有一些人认为，银晕外面还存在着一个巨大的、大致是球形的射电辐射区，称为银冕，银冕至少延伸到离银心100千秒差距或32.6万光年处。

经过多年的研究与探索，目前认为银河系的总质量为太阳质量的2×10^{12}倍，是1975年公认值的七倍。有几千亿颗恒星，约占总质量的90%，气体和尘埃约占10%。银盘又集中了银河系90%的质量，星际气体和尘埃几乎全部集聚在银盘内。银盘中物质的分布呈旋涡状结构，即分布在几条螺旋形的旋臂中。本世纪50年代，W·W·摩根等人根据O·B型星和电离氢等大光度年轻天体的分布情形，描绘出太阳附近三段平行的旋臂，它们是按主要臂段所在方向的星座命名的，离太阳最近的叫天鹅臂，它长约3.7千秒差距，宽约370秒差距，天鹅臂有一小分支伸向猎户座，太阳很靠近它的

内边缘；在天鹅臂之外、离太阳2千秒差距有一段英仙臂；在天鹅臂以内2千秒差距处的一段旋臂叫做人马臂。后来又陆续发现了人马一船底臂、盾牌一南十字中间臂、矩尺内臂和英仙外臂等。所发现的这几段旋臂也许只是两条旋臂的若干部分，对银河系内中性氢及一氧化碳的射电观测发现，它们的分布均呈旋涡结构，旋臂内侧集聚着氢和尘埃，因而有利于新生恒星的诞生。1964年，林家翘、徐遐生二人创建的星系旋涡结构密度波理论能够较好地说明这一现象，但旋臂的起源与维持问题，至今仍未彻底解决。

核球是恒星密集的区域，以老年天体星族Ⅱ为主要组成部分，估计质量约为太阳的70亿倍，其中央是一直径为几秒差距的更为致密的区域叫做银核，这里恒星密集的程度比太阳附近大1000多倍。很久以来，大多数天文学家一直认为银河系是一个旋涡星系，但近年来，有人提出银河系是一棒旋星系，其理由是：银心附近的星际云的不规则运动是以一个棒为中心的，近红外观测也为棒状结构提供佐证：棒略微倾斜，它的东端向南倾斜穿出银道面。

人们最感兴趣的是银河系的中心区域——

银心。虽然，由于尘埃的消光作用，用光学望远镜难以看到银心，但射电和红外观测却揭开了银心的秘密，21 厘米射电观测揭示，在距银心 3000 秒差距处有一个正在膨胀且旋转着的氢流旋臂以每秒 50 公里的速度向太阳系运动，在银心另一侧有同样的氢流膨胀臂以每秒 135 公里的速度背离观测者运动，它们大概是 3000 万年前以不对称方式从银心抛射出的 HI 气体的产物。在距银心 300 秒差距的天区内，有一个绕银心快速旋转的氢气盘，以每秒 70～140 公里的速度向外膨胀，盘内有平均直径为 30 秒差距的氢分子云。在距银心 70 秒差距处，则有激烈扰动的电离氢区，也以高速向外涌出。但也发现有 15 光年长的气流涌入围绕着银心的尘埃气流圈。还查明银心 2 角秒内有一强射电源人马座 A，其线直径小于 0.1 秒差距，它发出强烈的同步加速辐射，有人认为银心就位于此；但也有人认为银心可能位于其附近的红外源 IRS16。综合许多观测的结果有两种见解：一种见解认为银心的核心区有一高光度星团；另一种见解认为银心存在着一个由吸积盘环绕的相当于几百万倍太阳质量的大质量黑洞。

银晕中的天体和核球中的天体一样，以老年星或球状星团为主，也可能有从更老的星族Ⅲ的星产生的黑洞，它们在银晕中呈球形分布，越向银心密度越大，人们相信这些天体都是在银河系诞生初期，约120亿年前形成的。根据银晕中的恒星计数并考虑到整个银晕中恒星的分布情况，估算出银晕的质量是银盘质量的10%，但这种估计十分粗糙，而且还可能存在着未被发现的隐匿质量，因此，银晕的实际质量可能只及银盘的1%，但也可能高达银盘的90%以上。银晕的存在对银盘的稳定性有一定的影响。

银心的秘密

银河系是一个包含有一二千亿或更多颗恒星的星系，它的形状似旋涡，因此也叫旋涡星系。它由银盘、银晕、核球、旋臂等部分组成。

银河系物质密集的部分形成了一个大圆盘，这个大圆盘就叫银盘，银盘的中间厚、外边薄，直径约80000光年。包围在银盘周围的、物质稀疏的、范围很大的球状区域，叫银晕。

银盘中心隆起的球形部分叫核球，核球为椭球形，椭球的长轴约为13000～16000光

年，厚约 13000 光年。一条条螺旋状的旋臂就从核球两端对称地延伸出来。银河系中绝大部分恒星以及气体、尘埃等物质都集中在核球和旋臂中。目前人们已经发现的银河系旋臂共有四条，一条离银河系中心较近的，叫做 3 千秒差距臂，另外三条均在太阳系附近，分别为英仙臂、人马臂、猎户臂，太阳系就位于猎户臂的内侧。银河系的旋臂总共有几条，至今还是一个未知数，不知银河真面目，只缘身在此河中嘛。

银河系的中心即核球的中心部分，简称银心，它距离我们太阳系 2 万多光年，它在天球上的投影坐标为赤经约 17°5′，赤纬约 −29°，位于人马星座内。

难测银心

核球是银河系内恒星密集的区域，并且越近中心越为密集。在距离银心 32.6 光年处，相邻两星的平均距离为 10000 天文单位。而我们的太阳同它最近的邻居——半人马座比邻星的距离还有 270000 天文单位呢！假若地球处在那样一个环境中，那我们将能看到何等壮丽辉煌的满天繁星呀！

然而，银河系的中心究竟是什么？仅仅就是

密度越来越大的恒星呢？还是呈另外的状况？这是科学家们多年以来一直想解开而至今还未解开的一个谜。

令人遗憾的是，尽管科学家们把光学望远镜造得越来越大，但是，他们凭借着这些洞察宇宙的巨眼，仍然还是看不见银河系中心的真面目。后来，他们终于明白了，银心附近布满了大量的尘埃，这些尘埃就像一层厚厚的面纱，遮住了科学家们的视线，使他们无法看清那里的情况。

银心的使者

光学望远镜不能帮勆人们窥测到银河系中心的秘密，难道人们就束手无策了吗？不。近几十年以来，红外天文学、射电天文学和X射线天文学的飞速发展，给天文学家探测银河系中心的奥秘帮了大忙。

红外线和射电波可以穿过尘埃屏障的阻挡来到地球上，X射线也能穿透尘埃，但却被地球大气层所阻挡，人们可以利用人造卫星到地球大气层以外进行观测。来自银河系中心的红外线、射电波和X射线，就像是银河系中心的使者，给我们提供了描绘银河系中心图像的依据。

通过观测，科学家们发现，银河系中心的红外辐射、射电辐射和X射线辐射都很强大，比普通恒星的辐射都强大得多。这就说明，银河系中心并不是简单的恒星的密集。那么，银河系中心究竟是什么呢？

1971年，两位英国天文学家在分析了对银河系中心区的观测结果以后指出，银河系的中心应该是一个有着一定质量的黑洞。他们还预言，如果他们的假说是正确的话，那么，银河系中心还应该有一个强射电源，并且这个强射电源发出的辐射应该是同步加速辐射。

几年之后，人们果然在银河系中心方向发现了这样一个发出强烈同步加速辐射的强射电源，它就是人马座A，是迄今所知银河系内最大的射电源。

通过对人马座A的观测和分析，科学家们发现，人马座A的大小与普通恒星相当，但它发出的射电辐射的功率却比普通恒星的光度强上万倍。在人马座A的周围，还有大量的电离氢气，正以高达300公里/秒的速度向外运动。此外，那里还有强红外源。红外源的大小比射电源更小，而它的红外辐射比射电辐射更强。如此强大的红外辐射不可能是由尘埃产生

的，看来应该是由高能电子产生的。

没有结果

人马座A的特征绝非一般恒星级天体所具有的，这是可以肯定的。根据科学家们的分析，如果银河系中心存在着一个大质量黑洞，那么这个黑洞就会从周围吸收气体，气体螺旋形地掉入黑洞时，会形成一个环状的吸积盘，这个盘就会发出强大的射电波和红外波。

人马座A的情况正好与科学家们的分析相符合。但是，我们现在仍然只能把人马座A看作是大质量黑洞的最佳候选者，还不能给它下最后的结论。原因之一，对于银河系中心存在强射电辐射和红外辐射这种现象，用其他非黑洞解释也能说明。原因之二，人们对银河系中心的情况了解得确实太少，比如，银心发出的可见光我们完全看不到，而实际上恒星物质的辐射绝大部分都是在可见光波段。在只看到一个物体的很小一部分时，就想对整个庞然大物进行整体描述，那是不恰当的，肯定会出很大差错。因此，银心处物质的真实分布情况究竟如何，总的来说，我们还是不知道。

在人们难为银河系中心是否有黑洞下结论的时候，一些科学家仍然坚持银河系中心可能

是密度极高的恒星集团，恒星之间频繁、剧烈的碰撞或许也能产生人们已经观测到的那些现象。当然，这种说法也没有充分的观测证据，也无法下最后的结论。

银河系的中心究竟是什么？还有待人们进一步去揭开它的奥秘。

流动的星河

自从威廉·赫歇尔两个世纪前首次论证银河系的结构后，有些天文学家就从恒星系的形状像个扁平的盘子出发，推测它有可能在空间不停地旋转。因为根据牛顿力学原理，快速旋转的物体不可能是球状的，连固体的地球也因为自转而成为一个赤道部分稍稍往外鼓出的扁球，所以银河系的扁平形状很可能是它快速自转的产物。

推测不能算数，还要有观测事实作证。俄国天文学家斯特鲁维首先想到了这一点，19世纪中叶，他想利用恒星自行的数据来研究银河系的自转，但是由于有关资料太少，精度又低，所以没有获得肯定的结果。

1904年，长期用统计法研究银河系结构的荷兰天文学家卡普坦，在观测和分析了恒星运

动的资料后，发现恒星除了太阳运动引起的视差外，它们的相对运动，即恒星自行不是杂乱无章的，而是朝着两个相反的方向运动，也就是说，在银道面内存在着彼此相背而行的两大星流，这种现象叫做“二星流”现象。当时不少天文学家对“卡普坦星流”进行了研究，但没有给予确认，卡普坦自己也未能对这一现象作出正确的解释。但是，“二星流”现象的发现却为后来探索银河系自转作出了贡献。

进入20年代，有关银河系自转的研究又活跃起来，有好几位天文学家在这方面作出了贡献，如瑞典的斯特龙贝格和林德布拉德，都曾根据自己的观测和研究提出了银河系自转的假说，但其中最有成就的是荷兰天文学家奥尔特。

在自己和前人观测研究的基础上，奥尔特首先论证了银河系的“较差自转”。他指出，银河系不是一块固体，它基本上由无数单个的恒星组成，所以它的自转与固体的轮子不同。轮子是整体的旋转，所有各点的角速度都相同，线速度则随离轮心距离的增加而按比例增大。银河系是较差自转，即靠近银河系引力中心的那些恒星，比离得远的恒星旋转得快一些，也

就是说，在旋转中，靠近银心（即人马座方向上）的那些恒星，相对于我们太阳来说应该有超前移动的趋势，而远离银心（与人马座方向相背，即双子座方向上）的恒星则有后退的运动。这恰恰是20多年前卡普坦发现的“二星流”现象。

接着，1927年，奥尔特又推导出了银河系较差自转对太阳附近恒星自行和视向速度的影响的公式（又称奥尔特公式），并通过对一些恒星视向速度的观测和分析，证实了银河系在自转，即银河系中的恒星和星际物质都在绕着银河系的中心——银心作有快有慢的转动。

射电天文学兴起后，天文学家又观测到了银河系内有中性氢原子发出的射电辐射，根据它们谱线的位移（红移或紫移），可以求得中性氢的视向速度，从而推出它们的自转速率。

现在我们知道，银河系的自转方式很特别：在银核和靠近银核部分的区域，它固体的自转相仿，自转的线速度与离银心的距离成正比；银河边缘的区域，同行星绕太阳旋转的方式相似，按开普勒定律运动，离银心越远，速度越慢。太阳绕银心旋转的速度是每秒约250公里，这个速度比步枪射击子弹的速度还快250

倍，尽管如此，它绕银心旋转一圈仍需2.5亿年！

银河系内各部分旋转速度的分布，是由其中引力的分布决定的，而引力的分布又同物质数量的分布有直接的关系，为此，可以根据银河系的旋转求出银河系的质量，如同可以根据行星的运动推算太阳的质量一样。已经测知银河系的总质量为1400亿个太阳质量，而太阳在银河系中是一颗中等质量的恒星，所以不妨可以认为银河系中包含有大约1500亿颗恒星，这个数字要比当年威廉·赫歇尔估计的数字高出上千倍。

以上所说银河系的总质量是指银核和银盘的质量之和。银盘外面还有一个庞大的包层——银晕，其中的质量主要集中在为数不多的球状星团里，其余就是非常稀薄的星际气体。虽说银晕的体积超过银河系主体部分体积的50多倍，但它包含的物质质量估计只有银河系总质量的1/10。不过，近年来由于天文学家发现银河系中存在着大量看不见而没有被估计进去的“暗物质”，所以关于银晕物质数量的估计，现在又成了一个悬而未决的问题。

70年代，前苏联天文学家在银河系外其他

一些星系的外围，发现有一个更大的包层——星系冕。由星系冕联想到银河系冕，经过探索，证明“银冕”确实存在。银冕包在银晕之外，没有星体，物质分布极为稀薄，但它体积极大，所以质量要比银河系大10倍左右。这个发现意义重大，因为它使人们对宇宙物质的存在形态有了新的认识。过去人们只知道有凝集状态的星体，弥漫状态的物质即使有也不会很多，但现在这个认识可能要倒个个儿，即宇宙物质的大部分可能处于看不见的弥漫状态，而形成恒星或恒星系统可见物质的反倒只占其中的小部分。

银道面与太阳的距离

太阳在银河系内的位置对我们理解银河系的外貌、结构和演化是至关重要的。但是太阳距银心的距离（大约25000光年）虽已相当好地确定，而太阳距银河平面的相对位置却还有争论。大约50年以前，天文学家们注意到朝向南银极方向（位于玉夫座）的恒星比朝向北银极（后发座）的恒星看起来要多。因为银河系的恒星集中在银盘中，当我们朝南看到较多的恒星时，太阳必然位于银河平面的北侧，距离

多远呢？过去半个世纪以来的多数研究得到从13光年到130光年各种数字。不过，新近的三个研究结果却较接近于一致。

利用红外天文卫星测定的红外点源表，M.柯恩对朝向每一银极方向的星作了计数。柯恩说，除了在可见光波长和射电波长计数不同星族样品外，在红外波长也作了计数，以此对太阳的位置提供一个补充的透视考察。在比较了从两个方向上看到的星数，他得出太阳位于银河平面北距离为50±2光年处的结果。柯恩也分析了远紫外空间望远镜所获得的远紫外星在北银极方向的计数结果，得到与之不矛盾的数值：47±5光年。

这期间明尼苏达大学的天文学家们详察了12张帕洛玛巡天底片，也得出类似的数据，即太阳位于银河平面北67±11光年处。他们工作的创新之处在于数据的总数，他们计数了10000多颗恒星，其结果几乎和柯恩的结果相一致。

第三个研究结果是P.L.哈姆麦尔斯雷所领导的天文小组所作的——太阳的位置距离银道面50.5±10光年。

人马座银河

夏季银河与冬季银河截然不同，显得清晰又美丽：从天顶至南方地平线，一条光芒像泄洪似地流畅而过。在南方天空低垂之处，光带变得更加宽阔和明亮。在这银河最浓密之处，隐藏着一个上半身为人、下半身为马、持弓射箭的马人喀戎的形象，这就是黄道第九星座——著名的人马座。

寻找人马座，应以银河最浓密之处作为大致目标。可是，该处并没有什么特别明亮的星星，幸好在这段银河中有6颗星星组成小型斗状，因此也相当引人注目。这6颗星就是中国传统星象——二十八宿中的斗宿，又因为它与北斗七星相对，所以也称南斗六星。古人认为北斗七星掌管死亡，而南斗六星则司寿。西方人称南斗六星为奶勺，称银河为奶路，勺既在奶路之中，自然是奶勺了。

作为人马座标志的南斗六星，最近还格外引人注意，去年7月23日海尔-波普彗星就是在南斗六星附近发现的，而且从发现至今年6月一直在南斗六星附近徘徊。自那以来，有多少天文望远镜都指向了南斗六星附近的天

区。

由于人马座系银河系中心的方向，所以这一带天区堪称是星云星团的宝库。从人马、盾牌和巨蛇三星座交界处起，向南经过南斗六星的μ星，至γ星附近为止，用双筒望远镜浏览一下，你会感到像与好友约会一样愉快：美丽的马蹄星云（M17）、三叶星云（M20）和礁湖星云（M8）尽收眼底。如果天空情况良好，可看到星云带有红色。



银河系的成员

太阳系家族

银河系就是太阳系所在的星系。我们太阳系大家族就是在这个星系之中。晚上我们看到的天河，就是它的最密集部分。在银河系里有着上千亿颗各种星星，其中包括太阳及其家属在内，其次是星际星体和尘埃、星云、星团等。如果我们站在银河系外来观看的话，整个银河系就像包在“棉絮团”中合在一起的两片“铜钱”。它的四周比较扁平，中间部分隆起。

在太阳周围的空间里，有一些天体在太阳的引力作用下，按椭圆轨道绕着太阳运动。太阳和围绕它运

动的这些天体，构成了一个大家庭，称为太阳系。

太阳系的成员包括太阳和九颗大行星、已证实的66颗天然卫星、已正式编号的3000多颗小行星、为数众多的彗星、流星体以及散布在行星际空间的稀薄气体和尘埃等物质。

太阳

太阳是太阳系的中心天体，是离我们最近的一颗恒星。太阳系的九大行星和其他天体都围绕它运动。太阳与地球的平均距离为14960万公里，半径为69.6万公里，为地球半径的109倍，体积为地球的130万倍，质量为地球的33万倍（占整个太阳系质量的99.86%），平均密度为1.4克/厘米^3。太阳具有强大的吸引力，是控制太阳系天体运动的主要力量源泉。

太阳是一个炽热的气体球，表面温度约6000C，愈向内部温度愈高，中心温度高达1500万K。在这样的高温高压下，太阳中心区不停地进行着氢核聚变成氦核的热核反应，产生巨大的能量。太阳每秒钟释放出约4×10^{33}尔格的能量，相当于0.5亿亿亿马力；其中只有二十二亿分之一的能量辐射到我们的地球，是

地球上光和热的主要来源。

太阳是银河系中的一颗普通恒星，位于银道面之北的猎户座旋臂上，距银心约 2.3 光年，它以每秒 250 公里的速度绕银心转动，公转一周约需 2.5 亿年。太阳也在自转，其周期在日面赤道带约 25 天；两极区约为 35 天。通过对太阳光谱的分析，得知太阳的化学成分与地球几乎相同，只是比例有所差异。太阳上最丰富的元素是氢，其次是氦，还有碳、氮、氧和各种金属。据推算，太阳的寿命约为 100 亿年，目前已度过约 50 亿年。

行星

沿椭圆轨道环绕太阳运行的、近似球形的天体叫行星。太阳系有九大行星，按距离太阳的次序是：水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。冥王星离太阳最远，其轨道直径约 120 亿公里；天文学家认为太阳系的疆界可能比这个范围还要大得多。

九大行星按它们距离太阳的远近分为内行星和外行星两群：水星、金星、地球和火星为内行星；木星、土星、天王星、海王星、冥王星为外围行星。若按它们的质量、大小和结构特征，则分为类地行星和类木行星两类。体积

小而密度大、自转慢、卫星少的行星与地球相似，称为类地行星，如水星、金星、火星称为类地行星；体积大而密度小，自转相当快、卫星多的行星称为类木行星，土星、天王星、海王星和冥王星都是类木行星。

行星本身不发射可见光，以其表面反射太阳光而发亮。在星空背景上，行星有明显的相对移动。这种移动都沿着黄道进行。九大行星中，最先被人们知道的是水星、金星、火星、木星和土星。太阳系中的另外三颗行星是在发明天文望远镜后发现的。1781 年英国 F. W. 赫歇耳发现天王星；法国的勒威耶和英国的亚当斯各自推算出海王星的位置，1846 年由德国的伽勒所观测到；冥王星则是 1930 年由美国的汤博发现。

卫星

围绕行星运动的天体叫卫星。月球就是地球的卫星，它像一个忠实的卫士一样，既绕着地球运动，又伴随着地球一起绕太阳运动。除了水星和金星之外，太阳系的其他行星周围都有卫星。到目前为止，连月球在内，太阳系中共发现 66 颗卫星：地球 1 颗，火星 2 颗，木星 16 颗，土星 23 颗，天王星 15 颗，海王星 8 颗，

冥王星1颗。

卫星与行星一样，本身不发射可见光，以其表面反射太阳光而发亮。较大的小行星，如第532号大力神小行星及18号小行星也有卫星。从20世纪50年代起，人类先后发射了一批卫星，称为“人造卫星”。大多为人造地球卫星，也有人造月球卫星和人造行星卫星等等。

彗星

太阳系中比较特殊的成员。环绕太阳运行或行经太阳附近的云雾状天体。绝大部分彗星都沿着很扁的椭圆轨道绕太阳运行。彗星的结构比较复杂，一般说来，中央密集而明亮的固体部分叫彗核，由一些“冰块”（冰冻的水、甲烷、氨等）石头和尘埃组成。核的四周被一种云雾状的物质包围着，叫做彗发。彗核和彗发合成彗头。

1970年，人造卫星在地球大气层外观测两颗明亮的彗星，发现彗头周围还有一层直径达1000万公里的氢云，当彗星逐渐接近太阳时，太阳辐射压力和太阳风把彗星蒸发出来的气体物质推向和太阳相反的方向，形成了彗尾。

彗星绕太阳运动的轨道一般分为三类：抛物线、双曲线和椭圆。在抛物线或双曲线轨道

上运行的彗星叫做"非周期彗星"，它们接近太阳一次就一去不复返了。在椭圆轨道上运动的彗星称为"周期彗星"，周期最短的三年多；最长的可以到 1000 多年。现在发现的彗星有 1600 多颗。

小行星

小行星是太阳系里的小天体，它们大多分布在火星、木星轨道之间的小行星带中，从 1801 年意大利天文学家皮亚齐发现第一颗小行星起，小行星的发现至今只有 200 多年的历史。

按照提丢斯一波得定则，1781 年 3 月，著名天文学家威廉·赫歇耳在英国意外地发现了天王星，它几乎就在定则给出的距离上，从而有力地支持了提丢斯一波得定则，更激发了人们寻找新行星的兴趣。

1801 年元旦之夜，人们沉浸在辞旧迎新的欢乐中。意大利西西里岛巴勒莫天文台台长皮亚齐，为编制一本星表而做巡天观测时，发现了一个在火星和木星之间游动的陌生天体，后来计算它的轨道正好与要找的行星吻合，被命名为谷神星。因当时测得的半径只有 400 多公里（几经重新测定，现在的精确数值略大于

1000公里），不能和大行星相比，所以叫做小行星。

翌年3月，德国天文爱好者奥伯斯发现了第二颗小行星——智神星，除了稍小一点儿，它在好些方面与谷神星伯仲难分。接着又连续发现了婚神星和灶神星。19世纪末开始用照相方法寻找小行星之前，已发现322颗小行星。此后小行星的发现逐年增多，特别是近年来由于探测技术及轨道计算方法都有了很大的改进，每年发现的小行星数竟达二三百颗。据统计，到1994年底被正式编号命名的小行星已达5300多颗。天文学家推测，太阳系内小行星大约有50万颗。

按照国际惯例，新发现的小行星先给予临时命名，在发现年代之后加两个拉丁字母，第一个表示发现的时间，以半个月为单位，按字母顺序排列，第二个则表示在这段时间内发现的次序，也按字母顺序排列。新发现的小行星算出轨道后，再经过两个以上不同冲日年代的观测，方能得到正式编号和永久命名。发现者享有对小行星的命名权。设在美国史密松天文台的国际小行星中心，负责收集所有的小行星的观测资料，并进行系统的轨道认证和编号。

最早发现的小行星大多以古希腊、罗马的神话人物命名，后来的许多小行星常常冠以天文学家或城市的名字。1928年，我国著名天文学家张钰哲在美国叶凯士天文台发现了1125号小行星，他将这颗小行星命名为中华，这是中国人发现的第一颗小行星，时至今日，紫金山天文台已累积发现了几百颗新小行星，到1994年底正式编号和命名的有120多颗。

历史上发现小行星最多的是莱因马齐，他共发现了246颗小行星，其次是首先把照相技术引进小行星观测的德国天文学家沃尔夫，他以发现231颗小行星的记录位居第二。

小行星的直径很小，在天文学家所获得的几百颗小行星半径值中，只有几颗较大、较近的小行星是直接测量的，其他都是用光度法、红外波和偏振法测定的。测量表明，直径在50公里以上的小行星大约有560颗，绝大多数小行星的直径都在1公里以下。

至于小行星的质量，除1号谷神星、2号智神星和4号灶神星外，所有的小行星质量都是由它们的直径和假定的密度推算出来的，仅有数量级的概念。一般认为小行星总质量值为1000亿吨，其中谷神星大约占总质量的一半。

小行星的反照率取决于它们的化学组成和表面状况。由于小行星表面各部分的反照率不同，再加上自转，使小行星的亮度产生周期性的变化。根据亮度变化曲线，可测出小行星的自转周期和自转轴的取向，并推测它们的形状。从目前已知自转状况的200多颗小行星看来，自转周期多数在4～16小时，平均为11.47小时。自转轴的取向是随机分布的。直径大于100公里的小行星的形状一般比较规则，接近球形，直径小于100公里的小行星形状则是各种各样的，有的呈长柱形，有的犹如哑铃，还有的甚至像是两块石块粘在一起的。

我国紫金山天文台从50年代末开始对小行星的光电观测，已发表了数十条小行星光度曲线，其中有些是在国际上首次发表的，由于观测质量高，被国外观测者广泛采用。

小行星的公转轨道都是椭圆的，大约有95%的小行星轨道半长径在2.17～3.64天文单位之间，这一空间区域称为小行星的主环带，位于主环带里的小行星称为“主带小行星”。

一小部分小行星离群索居，形成几个特殊的群体。轨道半径大于3.3天文单位的称为远

距小行星，其中最著名的是脱罗央群，它们的轨道半径和木星的一样大。从太阳望去，有一些位于木星之前60°，有一些位于木星之后60°，前者叫“希腊群”，后者叫“纯脱罗央群”。

另一个特殊群体是近距小行星，它们的轨道近日点深入到内太阳系，有的甚至跑进地球轨道以内，称为近地小行星。按照轨道近日点的距离和半长径的数值特征，近地小行星又被划分成阿莫尔型、阿波罗型和阿登型。阿莫尔型小行星的轨道特征是近日距都在火星轨道之内——1.02～1.3天文单位，半长径1.39～4.23天文单位，偏心率0.062～0.574，倾角2.2°～52.1°，小行星直径为0.3～38.5公里。现已发现这类小行星有70多颗。阿波罗小行星的轨道特征是近日距小于1.017天文单位，而半长径大于1天文单位，因有一段轨道与地球轨道非常靠近甚至相交，而引起天文学家的特别关注。这类小行星已发现了100多颗。阿登型小行星的轨道半长径都小于1天文单位，近日距也小于1天文单位，远日距略大于1天文单位。这种小行星为数不多，目前仅发现10颗左右。因它们的轨道与地球近似，周

期也相差不多，所以比阿波罗型小行星更受到重视。

一些近地小行星在大行星的摄动下，轨道会和地球轨道相交，从而有可能与地球相撞。在过去的几十亿年中，这种事件可能确实发生过。通过空间遥感技术，在地球上已发现了100多个陨石坑，其中91处推测是小行星撞击造成的。据科学家考证，1976年吉林陨石雨的母体就是接近火星轨道的阿波罗型小行星的一个碎块。最近美国科学家提出，导致6500万年前恐龙灭绝的也是一颗陨落的阿波罗型小行星。

虽然小行星撞击地球造成的危害很大，但是这种机率是微乎其微的。研究表明，直径10公里大小的小行星平均1亿年左右才会与地球相撞一次，地球每百万年受到三次较小的小行星的撞击，但其中只有一次发生在陆地上。为了预防这种不测事件，一些国家正在考虑发射专门监测近地小行星的人造地球卫星，及早发现并排除它们。

1978年6月7日，美国天文学家麦克马洪在观测532号大力神小行星掩恒星时，发现它有一颗卫星，命名为1978（532）Ⅰ，这是天文学

家第一次发现小行星有卫星。532 号小行星和其卫星的直径分别为 243 公里和 45.6 公里，彼此相距 977 公里。半年后，天文学家又从 18 号郁神星掩恒星的资料中发现它也有卫星。这对小天体的中心距为 460 公里，直径分别为 135 公里和 37 公里，倘若这是一颗同步卫星，那么在郁神星上看来，这个“月亮”的角直径可达 5°24′，视面积几乎是我们月球的 120 倍。以后，又在重新处理过去的一些小行星掩星资料时发现若干小行星也有卫星，其中包括 2 号智神星、6 号春神星、9 号海神星、12 号凯神星等，大概有三四十颗。

1980 年，美国天文学家利用光斑干涉测量的新技术证明 2 号智神星确实存在一颗卫星，但是，对于小行星是否有卫星的问题一直悬而未决，一些持反对意见的天文学家认为，人类已经发射了那么多空间探测器，但迄今未发现一颗小行星的卫星，所以小行星有卫星的结论缺乏观测证据。另外，小行星卫星在天体系统中属于什么层次，能否与月球或木卫等相提并论现在也没有定论。

1989 年发射的木星探测器“伽利略”在 1991 年 10 月飞过第 951 号小行星加斯帕，圆

了天文学家近探小行星的梦想。1993年8月，"伽利略"掠过第243号小行星艾达，进行了多项观测记录。1994年2月，天文学家分析"伽利略"发回的资料，发现艾达附近有一颗比它小得多的卫星，并在英国学术周刊《自然》上发表了艾达与卫星的合影、卫星的放大图像。此后，"伽利略"又发回更新的成像和光谱资料。据此，天文学家估计艾达卫星的直径为1.5公里，发现时距小行星仅100公里，天文学家认为，这是确切发现小行星有卫星的第一例。

小行星虽然很小，但是它们在以往的天文学研究中却曾起过重要的作用。譬如，1873年，德国天文学家伽勒利用8号花神星冲日，1877年英国天文学家吉尔利用4号灶神星冲日测定日地距离，都得到了精确的结果。1930～1931年，433号爱神星大冲时，国际天文学联合会组织了空前规模的国际联测，得到了三角测量所能达到的最精确的日地距离数值——14958万公里。

另外，利用小行星还可以测定行星的质量。当某颗小行星接近大行星时，大行星对它的摄动作用必然影响其轨道，从它轨道的微小变化

中可以算出行星的实际质量。1870 年，天文学家利用 29 号爱姆菲特列塔接近木星时所测得的木星质量为太阳质量的 1/1047，今天天文学家仍在采用这个数值。水星、金星、土星、火星等行星的质量均是用小行星测定的，测出的值有相当高的准确度。

为了改进和提高星表的精度，国际天文学联合会组织十几个天文台对谷神星等 10 颗小行星进行长期的监测和归算，从实际的数据及已知的轨道根数求得黄道和天赤道的准确位置。

小行星还为研究太阳系起源和演化提供重要线索。按照现代太阳系形成理论，太阳系是在 46 亿年前由一团混沌星云凝聚而成的。而当初星云形成太阳系的具体过程已无法从地球和其他行星上找到痕迹了，只有小行星和彗星还保留着许多太阳系形成初期的状态，因此，它们被天文学家称为太阳系早期的“活化石”。

另外，小行星的研究对于发展人类航天事业，保护地球环境，开发宇宙都有重要的意义。特别是近地小行星，它们既是潜在的矿物资源，又是小行星中最容易实现航天近探的目

标，“伽利略号”宇宙飞船已于1991年10月29日掠过951号小行星加斯帕，从距离1600公里处飞近的探测器，可以清楚地看到这颗小行星表面50米的细节特征。飞船上的近红外测绘分光仪所作的初步测量表明，加斯帕的形状很不规则，有可能是由一个大的母体中分裂出来的，是一颗金属型小行星。这是宇宙飞船探测的第一例小行星。目前，意大利已制定了一个以皮亚齐命名的近地小行星航天探测计划，准备近探433号爱神星。

太阳系新貌

1957年10月4日，第一颗人造地球卫星发射成功，开辟了人类探测太阳系的新时代。1959年前苏联宇宙飞船绕月飞行，开始了现代太阳系天体表面的研究。它拍摄了月球背面照片，第一次把月球的另一面展示在人们面前。1962年12月14日，美国“水手2号”到达金星附近，揭开了行星近距离探测的新篇章。从那时起，行星探测器纷纷升上天空。至今，对金星作近距离空间考察的探测器已达30个，有一个探测器测量了水星的地形；17个探测器飞到火星附近；测量地球和月亮的探测器就更多了。美国还先后发射了“先锋”10号、

11号和“旅行者”1号、2号考察外行星。截至1989年8月25日“旅行者2号”飞近海王星，太阳系的九大行星已有八个被行星探测器考察过了。目前，太阳系的4个内行星表面状况已初步了解，一大批卫星的地形也现端倪。行星探测器向地球传回成千上万张照片和考察数据，为我们描绘出太阳系天体的一些新貌。

本世纪50年代以来，人造卫星和向月飞行的航天器，开辟了观测地球的新途径。同步卫星在离地面36000公里高空，拍摄到清晰的地球照片。最为精彩的是“阿波罗17号”在向月球飞行中所拍摄的地球照片。只见蓝色的地球，上面海洋陆地都轮廓分明，浩浩苍穹，地球出现在天上。

过去，人们认为地球的形状是个圆球或像个桔子。通过人造卫星的观测，发现地球是一个不规则的球体，赤道以南比赤道以北高7.6米，南极离地心距离比北极短15.2米。地球的形状像个梨，梨柄在北极；梨底在南极。在60年代，空间探测器还发现，由于太阳风的影响，地球磁场被压缩成一个彗星状的区域（磁层），在这个区域里，有两条高能带电粒子的辐射带

——范艾伦带。

1969年7月21日，美国的“阿波罗11号”宇宙飞船把第一批宇航员送上了月球，实现了人类登月的夙愿。宇航员利用带去的月球车，在月面上进行了多学科的考察，收集到270多千克月岩和土壤的样品。通过分析这些样品，发现月岩的化学成分与地球岩石基本相似，没有发现可生存的月球有机物，也不存在古微生物的证据。在月球上还发现有地震那样的月震，但月震很弱，最大的月震只有1～2级。通过测定月球的放射性元素，得知月球和地球同龄，它们都有46亿岁了。

空间探测结果告诉我们，月球已不是唯一布满环形山的天体了。水星、金星、火星的表面都很像月球，环形山星罗棋布，既有高山，也有平原。火星上的奥林匹斯火山口，是太阳系中最大的火山口，直径为600多公里。探测器发回的信息告诉我们，土卫四和土卫五上的环形山，多得与月球不相上下。

金星探测器为我们描述了金星风光：金星天空（云）是橙黄色的，金星的大部分表面都覆盖着一层“浮土”。金星表面的温度是460℃左右，气压约为地球的90倍。在金星上，既有

山脉也有峡谷，一条2000多公里长的大裂缝，自南向北穿过金星赤道，裂缝最深的地方有2900米左右。这是目前在太阳系天体上发现的一条最大的裂缝。

金星上空闪电频繁，每分钟达20多次，有一次竟持续了15分钟。土星的大气中也常常是电光闪闪，雷声隆隆，“旅行者2号”曾记录到数千次威力比地球上强烈数万倍的闪电。

自从1877年意大利天文学家斯基帕雷利提出火星运河以来，火星上的水一直为人们所关注。1973年，美国天文学家休古宁注意到火星赤道以南的“太阳湖”地区异常明亮，他认为是有水存在。后来“海盗号”飞船发现那里上空的水蒸汽也比别的地方丰富。经天文学家们研究，并从该地区的雷达探测发现，在一个直径为300～500公里地带，雷达回波随季节而变化，这也是水的特征。“水手号”还发现火星表面有干涸的河床。科学家们认为，火星表面虽然现在没有水，但在古代却存在过海洋。

在对太阳系行星研究中，进度较大的是火山。1979年3月，“旅行者1号”发现木卫一上至少有8座活火山活动，其中有一座正以每小时1600公里的速度喷发着气体和固体物

质，喷发物的高度达480公里。以后又发现木卫二和海卫一有活火山活动。除活火山外，在太阳系固体行星表面上复杂的地形形成过程中，火山起着相当重要的作用。

本世纪上半叶，除了地球磁场外，其他行星是否存在磁场，是行星物理学研究的一个新课题。20多年来，大量空间飞行器携带着磁场计、太阳风粒子谱仪和带电粒子望远镜飞到行星附近进行近距离的直接探测。现在，除冥王星外，其他八大行星都被宇宙飞船考察过了。这些空间飞行器发回地球的数据表明，地球、木星、土星都具有极强的磁场；水星的磁场较地球、木星、土星的弱一些；金星的磁场比地球弱得多；火星存在磁场，但有无固有磁场目前尚无定论。此外，"旅行者2号"在天王星和海王星附近也进行了磁场测量，结果表明这两颗大行星都有磁场存在。行星存在磁场，磁场与行星周围运动物质相互作用，便可以形成一种特殊区域——磁层。磁层中有等粒子体套、尖点、等离子体片、辐射带和等粒子体层等。地球磁层里有内外两个辐射带，分别由质子和电子组成。空间飞行器发回的数据表明，水星、木星、土星都具有磁层；金星和火星的磁层面目

尚不很清楚；天王星和海王星也可能有磁层存在。

地球上有极光，其他行星上是否也有极光？过去有人认为木星上也会有极光，但探测了20多年，一直未发现。1979年，“旅行者1号”发现木星背着太阳的一面，有长达三万多公里的极光，在地球以外第一次探测到太阳系天体上的极光。

土星曾以它有光环缭绕而被称为最美丽的行星。土星光环是怎样组成的呢？1980年11月，“旅行者1号”在飞近土星时，对土星光环进行了“面对面”的考察。原来，土星光环平面内有100～1000条大小不等的环，环内还有环，很像唱片上的纹路。有些光环还像发辫那样互相扭结在一起，难解难分。土星光环是由无数颗大小不等的微粒组成的。

现在，土星已不是唯一有光环的行星了。1977年，美国、中国、印度、南非等国的天文学家在观测天王星掩恒星时，意外地发现天王星也有光环。1979年3月，“旅行者1号”考察木星时，发现木星也有一条宽达数千公里、厚约30公里的光环。1989年8月，“旅行者2号”飞到海王星附近探测时，发现海王星也存

在光环。经研究，太阳系九大行星中，4个类木行星（木星、土星、天王星和海王星）均有光环结构；4个类地行星（水星、金星、地球和火星）则一颗都没有光环。冥王星离我们太远，它有没有环仍然是一个谜。

1979年以后，宇宙飞船先后访问了土星，相继发现了土星的一些新卫星。现在发现土星共有23颗卫星，是太阳系中最大的一个家族。木星有16颗卫星，是第二大家族。“旅行者”1号和2号在行星际空间的大旅行，使地面基地观测已知的33颗太阳系天然卫星增加到66个，极大地丰富了人类关于太阳系天体的知识宝库。

恒星世界

双星和三合星

在夜空的星群中，既有发出蓝色光芒的星，也有发出黄色和红色光芒的星。要是用望远镜仔细地观察、分辨，可以看到两个或者三个恒星相互绕转，构成了一个世界。这种恒星就称为双星或是三合星。例如，大犬座的天狼星（大犬座a星）就是著名的双星。其中一个大的

直径是太阳的1.8倍，小的直径只有太阳的五十分之一，简直宛如大象和老鼠在一起跳舞。在这种情况下，大者称为主星，小者叫做伴星。

1985年底，苏联哈尔科夫一所大学的天文学家用他们研制的特殊的装置，处理了宇宙空间的天体照片，获得了御夫座五车二双星的像。双星在宇宙中分布广泛，在很遥远的古代，阿拉伯人注意到大熊星座一颗明亮的天体同距它不远的一颗暗淡的小星星的关系，从而首先发现了双星。在我们头顶的夜空中，能够用肉眼或一般望远镜分辨开的双星并不多，大多数双星由于角距太小，我们把它们看成了一个整体。五车二被确认是双星的事实是科学家根据其光谱才知道的，所以能直接看到这两颗黄色巨星的外貌，对天文学家来说是一件十分重要的事。

夜空中最亮的天狼星也有一个伴星，这个伴星的存在是由德国天文学家贝塞尔于1836年推算出来的。他发现天狼星的运动是不规则的，他推断有一个环绕天狼星转动的天体用引力干扰着它的运行。许多年来一直流传着有关天狼星的传说，1985年由于一份六世纪的手稿被发现，使这颗亮星变得更加神秘了。这份

法国梅罗示加王朝（公元四世纪至七世纪）的手稿保存在联邦德国的一个图书馆里。在这份手稿里把天狼星描绘成是红色的，这说明天狼星是在不到一千四百年前，或者说是在比这更近的时候变成今天这种熠熠夺目的蓝白色的。

非洲的马里有一个多贡部族，该部族有一种世代口头相传的教义，这种教义说天狼星有一个小伴星，小得难以看到，密度极大，这两颗星每五十年相互绕转一周。本世纪三十年代这个教义曾透露给一批法国人类学家。在多贡部族的教义中甚至谈到了木星有四个内卫星，土星有光环，包括地球在内的行星都在椭圆形轨道上绕着太阳运行。英国作家坦普尔在《天狼星的秘密》一书中说，多贡部族过着与世隔绝的生活，无法从现代来源获得这些知识。他写道，多贡部族的传说来源于古代埃及，他解释说，“看来，这表明我们的行星——地球上的人类在遥远的过去曾和在宇宙中相距若干光年的另一个行星系上的先进的智能生物有过接触”。但是美国波士顿大学的布雷彻博士不同意坦普尔的说法，他说，本世纪二十年代发现天狼星B（天狼星伴星）具有超密度性质后，在全世界引起了轰动，并被报刊广泛刊载，到

马里去的传教士当然会把这些告诉多贡部族人。坦普尔反驳他时引用了1931年到马里去的法国人得到的证据，这些证据证明多贡部族早在四百年前就知道天狼星有伴星。

至于在若干年前天狼星为什么是红色的，美国天文学家施洛塞尔和历史学家贝格曼认为：一个可能性极大的原因是这种红色来自一颗红巨星；当红巨星存在的时候，人类看到的光是从这颗红巨星和天狼星同时发出的，使天狼星看上去是红色的：后来这颗红巨星便坍缩成为一个绕天狼星飞行的白矮星，即今天的天狼星伴星。

如果不能克服人类活动造成的影响和大气层的扰动，今后要想观察像双星这样的遥远天体仍然是十分困难的。所幸的是，根据计划，美国宇航局将在1986年8月8日，利用航天飞机将一台巨型（足有五层楼高）太空望远镜送入太空。这架名为“哈勃”的太空望远镜如能按设计要求施展其能力，可以把人类的视野扩展到一百亿至二百亿光年之遥。它将成为人类研究宇宙起源和星系形成与进化的威力巨大的工具。

仙女座的λ星是人们熟知的三合星。在这

三个类似太阳的恒星中，最亮的一个是3等星，它发出橙色的光芒。另外两个星中，一个是发出蓝白色光芒的5.4等星，另一个是发着浅紫色光辉的5.6等星。在这个世界上如有居住着高等生物的行星，那里的人必将欣然仰对三个色调相异的太阳。这真可以说是在地球上意想不到的神秘世界。

星的颜色和亮度

星体的颜色体现着它的表面温度。发着蓝白色光辉的室女座大角星表面温度是18,000℃；发出黄色光芒的太阳表面温度是6,000℃；红色的天蝎座大火星表面温度是3,000℃。

星的亮度分为不同的等级。1等星是肉眼看上去最明亮的星，这种亮星大约有二十几个。

6等星是人用肉眼勉强能看到的星星。第一等级亮度之差是2.512倍，因此1等星比6等星亮一百倍。由于距离远近的关系，星的亮度大为不同，距离远的星亮度就急剧降低。所以，如果不能测定星体的距离并了解星体的目视亮度，就无法知道它的实在的亮度（即光度）。

取那些离太阳较近的星为例，试估量它们的光度和温度，把这个光度与太阳的光度之比用纵轴表示，并把温度以横轴表示，制成坐标图表；每个星在这个称为赫罗图（亦称光谱—光度图）的图表上以点来表示。如果星体的真正亮度和温度之间没有某种关系，这些点在赫罗图中就会杂乱无章地分布。

可是实际上，我们发现大部分点都有规律地排列在一条清晰的狭长带内。

这种情况到底应当如何解释呢？

这说明在赫罗图上离太阳近的大部分星星，温度高的则亮，温度低的则暗，都是些极普通的星体。

我们把位于赫罗图清晰狭长带上的一些常见星称为“主序星”。太阳也属于主序星，位于这条带靠上的位置，这是由于比太阳暗的星星多得很。

赫罗图是丹麦天文学家赫茨普龙和美国天文学家罗素共同创制的。

红巨星

主序星可以说是恒星的代表，但夜空中的星星并不都是主序星。

在赫罗图上，有一些星不在主序星的范围

内，而在右上方和左下方。

在赫罗图右上方的是温度虽低而光度却很亮的星，例如，天蝎座的心宿二就是这类星中较典型的一个。它的表面温度只有太阳的一半，大约 3000℃，但它的光度比太阳大 3500 倍。

这是什么原因呢？

这是由于心宿二的直径比太阳大 230 倍的缘故。

与此类似，发着红色光芒的猎户座 a 星的直径也比太阳大千倍以上。

这些星星被称为红巨星或超巨星，它们体积虽大，然而温度却比较低，密度也小。太阳的密度是水的 1.4 倍左右，而红巨星的密度只有水的数千万分之一。

白矮星

在赫罗图左下方的是与红巨星完全不同的星群，它们是一些温度虽较高而光度却甚低的星星。

这是由于这些星星的体积奇小，比如大犬座的天狼星的伴星就是这样的星。

这个伴星的温度达 10000℃，将近太阳的两倍，发出密度更大的巨大云团。这些浓厚的

宇宙云由于本身的引力作用，很快开始收缩，同时内部温度随之升高，最终导致了热核反应的发生。这样，一个光芒四射、像太阳一样的恒星就在冥冥宇宙之中宣告诞生了！

类似太阳那样大小的恒星，估计大约要从方圆900亿公里左右的暗星云中才能产生。

1. 朝气蓬勃的发展

如果在暗星云中存在星星，那个星云就会反射各方面的星光，不但不会黑暗，还会发出明亮的光辉，成为美丽的反射星云。

像猎户座大星云，以及麒麟座玫瑰星云那样的蔚然壮观的反射星云为数不少。在玫瑰星云当中，能看到一个球状的暗星云，估计将来它会演变成为一个新的恒星。反射星云中的气体和尘埃云，由于有时靠近恒星，也会反射恒星的光芒。

诞生不久的新恒星，发出蓝白色的光辉，生气勃勃的闪耀着。在恒星的内部进行着四个氢原子核聚变成一个氦原子核的核聚变反应。

一入深秋，昴星团——一簇美丽的星群便静悄悄地爬上东方的天空，这就是金牛座的七姐妹星团，其中包含100个以上的恒星。一般人们只能看到其中的6个星，视力甚好的人才

可能看到7个以上。

中国古代把昴星团中的亮星列为昴宿。围绕着七姐妹星团，自古以来流传着许多美妙的传说和神话故事。

昴星团距离我们410光年。我们把这种零散的恒星集团称为疏散星团。

根据疏散星团中恒星的温度和光度制成如前所述的赫罗图，可是它的直径只有太阳的五十分之一左右。这种星就叫做白矮星。

所谓“矮星”就是“身材矮小”的星的意思。天狼星的伴星大小是地球的两倍，而质量却与太阳相仿。就是说，这个星的密度超过了太阳密度的十万倍。

假如仅取这个星的一立方厘米的碎块，其质量就达100千克，一个普通人根本拿不起来。

白矮星的确是一种出类拔萃的奇妙星星。白矮星上的所有物质都被紧紧地压缩在一起，所以就成了“矮子”。

2. 新星的诞生

类似太阳那样的恒星的产生，源于星际物质，这些内容已在有关太阳的章节里谈过了。太阳正年复一年地衰老下去。银河系中的所有

星星也在按照它们的生存规律，处在逐渐衰老的过程中。

星际物质就是一些非常稀薄的气体以及一些细小的尘埃状物质。它们在宇宙的各处构成了庞大的像云一样的集团。

这些云团有的叫做暗星云，有的称为反射星云，还有网状的纤维星云，以及看上去像炸面包圈那样的环状星云。

在暗星云中特别著名的是猎户座的“暗湾”。它的形状宛如一匹披散着黑色鬃毛的马头，所以就叫做马头星云。

暗星云是相当厚的云层，由于它后面的星光被云层掩盖住了，所以看上去很黑。

3. 从青年期步入中年期

恒星从生成起就属于主序星，昴星团中的恒星证明了这一点。此后不久，疏散星团中的一个个恒星就拉开距离，向着茫茫宇宙空间各奔前程了。

类似太阳质量大小的恒星，其一生的大部分“生涯”可能是以主序星度过的。在这个阶段，恒星的中心部分是成为燃滓的氦核，并且在不断地越积越大。

与此同时，恒星的体积也在一点一点变大，

还变得更亮。但是，要是这个恒星的质量比太阳大的话，由于氢元素激增，其演化的速度就异乎寻常地快了。

大犬座的主星天狼星，具有比太阳大 2.3 倍的质量，可是其演化的速度是太阳的 20 倍以上。由于演化速度快，所以作为一个恒星，它的发光寿命就短多了。天狼星诞生于大约 5 亿年前，比较起来已经算不上是一个新星了。

比天狼星质量更大的恒星，其寿命就更短了。在恒星的核心部分聚积的氦达到整个恒星质量的百分之十时，这个恒星就不再属于主序星的范畴了。

正像在“太阳的诞生和死亡”那一切所说的那样，恒星中心部分的温度越来越高，氢原子核聚变成氦原子核的反应加速进行，恒星亮度和体积也迅速增大。

当氦构成的核心的质量达到恒星全部质量的一半时，恒星就会剧烈的膨胀，变成了红巨星或超巨星。

恒星此时颜色发红是由于表面积很大而且温度降低的缘故。

4. 晚年的变星

恒星演变成红巨星或超巨星后不久，恒星

中心的氦核由于类似燃烧的过程，产生了碳、氧和氮等元素。与此同时，恒星开始收缩，恒星中心的温度虽然达到了1亿度，但整个恒星的亮度却暗淡下去。

在这个时期中，恒星的亮度并不稳定，时明时暗，比如猎户座的超巨星参宿四就是这样。

前面已经讲到，这个恒星的直径是太阳的1，000倍，可是不久以后，由于收缩，变到太阳的700倍左右。同时，它的亮度从0.4等变成1.4等。这个恒星以大约5年零8个月的周期，时而膨胀，时而收缩，发光的强度也在变化。我们把这样的星叫做变星。

天蝎座的超巨星心宿二（大火星）也以4年零10个月的周期，从0.9等变成1.8等星。

在变星中有的与这些星不同，是以非常短的周期改变着亮度。例如武仙座的δ星就是其中之一，它仅以5.4天为周期，亮度从3.7等变成4.4等星。

还有天琴星的RR型变星，仅以12.5小时为周期，亮度变化于7等至8等之间。

5. 超新星的大爆发

恒星日趋衰老，其体积就越来越小。这时期，恒星内部温度超过10亿度，碳和氧复杂的

反应，生成镁和钙元素。

这时，不清楚是哪里来的一股势头，垂然老矣的恒星发生了大爆炸，其中以被称为超新星的恒星的爆炸最猛，它一下子放射的能量抵得上太阳1亿年间放出的能量。

这种极为壮观的情景，装点了恒星一生的结局，倒是恰如其分的。

由于大爆炸，恒星周围的气体喷发殆尽，只剩下小小的恒星的内核。

这个小而凋萎的星核就是白矮星。

在金牛座有一个叫做蟹状星云的气体云，就是在1054年突然出现的、超新星爆炸后的遗迹。

中国北宋的钦天监（掌管天文的官吏）在《宋会要》中记载："至和元年五月晨出东方，守天关，昼见如太白，芒角四出，色赤白，凡见二十三日。"这是对1054年7月出现的这次特亮的超新星爆发事件的记载，看来这个超新星爆发时的亮度超过了金星。近代世界上称之为中国新星。

1942年荷兰天文学家奥尔特推证了蟹状星云就是900年前超新星爆发的产物。

此后，1572年在仙后座，1604年在蛇夫座

都相继出现过超新星。近来，一年之中就发现了大约 10 个超新星。

6. 恒星之死

在银河系形同凸透镜的周围空间，到处散布着称为球状星团的恒星集团。

在北半球能看到的最漂亮的星团就是叫做 M13 的球状星团，在晴朗无月的晚上，用肉眼望去它的亮度也有 5 等。要是用望远镜观测，看到的是宛如在黑色的天鹅绒衬底上点缀着许多珍珠，真是美不胜收。这个球状星团与我们的距离大约是 26000 光年，由大约 50 万个恒星聚集而成。

类似这样的球状星团在银河系中已经发现了 132 个左右，实际上大约有 500 个。天空中最明亮的球状星团是半人马座 ω。

通过对球状星团中的恒星分析来看，亮度高而温度低的是红巨星和超巨星，主序星则亮度越高，温度也越高，刚好与它们相反。

除了红巨星和超巨星之外，白矮星也多有发现。球状星团的恒星与昴星团那样的年轻的疏散星团不同，已经是一些衰老垂死的恒星了。

此外还有一些亚巨星和亚矮星也混迹其

中，可是它们的韶华已付流年，即将蹈入红巨星和白矮星的末路。

白矮星再演变下去就到了失去发光能力的阶段，这就是恒星真正灭亡之时。

7. 寓生于死

恒星的一生说明了恒星并非青春永驻。刚刚诞生的恒星，先是一个生气勃勃的主序星，随着恒星内部核反应的不断进行，逐步从一个明亮的恒星步入巨星的路程。

巨星又渐渐缩小成为变星，变星又突然爆发成为超新星，最后只留下一个奇异的白矮星。

由于超新星爆发时喷射出的气体和细微尘埃，成为漂浮于宇宙空间的星际物质，它们在宇宙空间形成了一个又一个浓厚的宇宙云，成为再次诞生新星的母体。

就这样，恒星以银河系为舞台，从诞生而趋向衰老，由衰老而爆发，由爆发而再生，无休无止地循环于生与死的交替之途。

球状星团中的众多恒星的年龄在100亿年左右，它们可能是与银河系一同诞生的。

与此不同，太阳的年龄大约是50亿年，可能是第二代或第三代的恒星了。

如上所述，垂老的恒星和年轻的恒星一起构成了我们眼前的银河系。

8. 发出电波的星

在天体中，有一些能发射非常强的电波的恒星，它们的另一特点就是几乎不发光。我们把这种天体叫做射电星。到1979年为止，已经发现了几千个射电星。

第一个射电源是1948年发现的，发现者是澳大利亚天文学家波尔顿。他发现在天鹅座的一角发射出强烈的电波，他便给这个天体命名为天鹅座A。

不久，英国天文学家拉伊耳也发现了一个称为仙后座A的强射电源。到1980年，类似的射电源已发现了几万个。

那么，射电源到底是一种怎样的天体呢？

一种是我们银河系中发射电波的气体云，金牛座的蟹状星云就是这一类射电源。这是距今900多年前超新星发生大爆炸的遗迹。我们将这个射电源命名为金牛座A。

射电源与射电星有所不同，它指的是宇宙空间发射强烈无线电波的点源。

9. 射电源的种种趣闻

另一种是在银河系之外的射电源。1952年

英国天文学家拉伊耳和史密斯，潜心观测到了天鹅座A的位置，并把结果告知了美国的帕洛马山天文台，委托他们研究射电波的发射源。

在帕洛马山天文台，天文学家巴德和明科夫斯基，用直径508厘米的大望远镜，对准了英国天文学家所说的天空位置。于是，他们在距离地球2亿光年之远的地方发现了两个巨大的、正在互相碰撞的天体。两者都是拥有数以千亿计的恒星的巨大星团。它们一边猛烈地相撞，一边发出强烈的电波。

不久前，天文学家还发现了称为3C48、3C273的奇异的天体。这些都是银河系之外的天体，还发射着强烈的电波。它们与一般的恒星和星系相比，性质迥然不同，所以把它们命名为类星体。

虽然都称为射电源，但还是有各种各样的类型。

星际空间

银河系是辽阔的，整个宇宙更是浩瀚无边，无以数计的恒星就相当松散地分布在其中。比如在我们的银河系里，尽管拥有一两千亿颗恒星，可恒星与恒星之间的平均距离仍远至惊人

的 12 亿光年，相当于足球与足球之间相隔 16000 公里一样。那么在如此广袤的星际空间中，除了可以看得见的各种星云外，还有没有别的物质存在呢？

直到 19 世纪末，很多人还认为星际空间是一无所有的真空。进入本世纪后，天文学家才发现有不少表明星际空间存在物质的迹象。

1904 年，德国天文学家哈特曼在分光双星——猎户座 δ 星的光谱中发现一条钙的吸收谱线。双星相互绕转，它们的吸收线照例应该有周期性的多普勒位移，可是唯独这条钙的谱线固定不动。不久，在其他分光双星的光谱里也发现了这种谱线。有很长一段时间，这种谱线被解释为来自双星周围一层固定的钙云。直到 1928 年，美国天文学家斯特鲁维（俄国著名天文学家、普尔科沃天文台创始人斯特鲁维的曾孙）发现这种无位移的谱线的视强度随着恒星距离的增加而增强，这说明这种谱线不是由双星周围的钙云所引起，而是由太阳和双星之间的气体物质造成的。

这是天文学家首次找到星际物质存在的证据。后来在这些双星的光谱里面找到了更多的星际气体的吸收谱线，表明这些星际气体的成

分里有钙、钠、钾、钛、铁、氢等元素，它们同太阳和大多数恒星的化学组成类似。

尽管19世纪下半叶以来，有些天文学家已经察觉到星际空间并非真空无物，而是存在着某些稀薄的物质．甚至还能看到遮掩星光的暗物质。但是，真正通过观测证明存在着星际物质，并说明它是宇宙物质的一种重要表现形态的是瑞士出生的美国天文学家特南普勒。1930年，他在天文台对银河星团中恒星的温度、光度和亮度进行观测时发现，在观测者和星团之间确实存在着“消光”现象，致使观测到的星团亮度比实际亮度要弱，求出的距离比实际距离要远。这就表明，星际空间确实不是完全透明的真空，而是到处都有稀薄的星际物质存在。星际消光现象的发现大大推动了星际物质研究工作的开展。

恒星的颜色和光谱型取决于它的表面温度，光谱型相同的恒星应当呈现出同样的颜色，但在比较同一光谱型的近星和远星时，远星的颜色看起来却比近星偏红些。1932年这种星光红化的现象首先被美国的斯迪宾发现，他认为这是星际物质的干扰造成的。他证明星际物质（主要是粒度极小的星际尘）对光的吸

收有选择性，其吸收率与光的波长成反比，即吸收紫光比红光厉害，比率为 2：1，所以星光变红了。

天文学家发现，以星际气体和尘埃为主要成分的星际物质，在银河系内不是均匀分布的，而是向着银道面密集。不过，即使在银道面附近，每立方厘米含有的星际气体原子也不到 1 个；弥漫在星际气体中的星际尘埃数量更少，质量只有星际气体的十分之一，但别忘了它们是星际“消光”“红化”的主力。

如此稀薄的比地面实验室里人造“真空”还空得多的物质密度实在微不足道，可从天文学的角度来看却不容忽视，尤其是它们的消光作用对天文观测极为不利。事实上，正是由于星际物质密集于银道面，在银河系的中心方向消光作用特别严重，来自银心的光线穿过 3 万光年的漫长路程后，到达我们眼里的星光强度已只剩下原先的百亿分之一，结果使威廉·赫歇尔和卡普坦误认为我们太阳系就在银河系的中心，使沙普利对银河系尺寸的估计大了两倍，也使我们在光学望远镜发明 300 年后的今天还没能看清银河系的全貌。

1937 年，比利时的斯温兹、加拿大的马克

基勒、美国的亚当斯在恒星光谱中探测到了特别的甲川分子（CH），甲川离子（CH^+）和氰基（CN）的吸收线，这太出人意外。但很快就真相大白，原来这些分子不在恒星上，而在星际空间里，星光通过它们时在光谱中留下了它们的吸收线。这是人类第一次发现星际空间存在分子，在天文学界引起了轰动。因为只有在两个原子碰撞到一起才有可能结合成分子，而星际物质极其稀薄，温度又接近绝对零度，两个原子碰到一起的机会微乎其微，即使能够结合成分子，这些分子遇到宇宙空间的 X 射线、γ 射线、紫外线等强辐射，也会重新解体成单个的原子。这些分子能顽强地生存下来实在不容易。

这类分子都存在于星际气体和尘埃云中，如果云过于稀薄，分子就不能形成显著的谱线，如果云过于浓厚，星光又通不过去。所以以后很长一段时间里没有什么新发现，这件事让人惊喜一下就冷下去了。

射电天文学的兴起才使事情有了转机。因为分子受激发而引起的辐射，大部分处在红外线和无线电波段，也就是射电波段，所以射电望远镜才是探测星际分子的有力工具。

一个氢原子和一个氧原子可以结合成一个羟基（OH），这种化合物非常活跃，极容易同其他分子、原子化合。但是，1949年前苏联天文学家什克洛夫斯基指出，由于星际空间物质非常稀薄，羟基分子可以不受干扰地存在较长一段时间，所以有可能被观测到。50年代，美国汤斯又从理论上计算了17种可能存在的星际分子的射电波长。果然，1963年，美国的温瑞布、巴雷特等人在用射电望远镜巡视强射电源仙后座A的过程中，发现了波长为18厘米的羟基OH分子的吸收谱线。这是用射电方法探测星际分子的开端。

接着，1968年，汤斯等人在1.26厘米和1.35厘米波长上，接连找到了氨和水分子的谱线。1969年，施奈德在6.21厘米波长上发现了甲醛分子——这是在星际空间发现的第一种有机分子。这些发现大大激发了天文学家搜索星际分子的热情，许多射电望远镜投入了这项工作。70年代人们发现了46种星际分子，到80年代末总共已发现80多种。

在已发现的星际分子中，大多数是有机分子，含元素最多的分子有4种元素，最重的分子的分子量为123。有些分子，如羟基、一氧

化碳、水等，分布广泛；有些分子至今还只能在致密的星云中找到；少数星际分子在地球上很难寻觅，甚至在实验室的条件下也难以稳定存在，如氰基丁二炔、氰基辛四炔、双原子碳以及氢化偶氮离子、甲酰离子等。

1996年6月，美国伊利诺伊大学的一个天文小组报告说，他们在2.5万光年远处人马座的一个星云中发现了醋酸分子。在过去30年里，已经发现甲醛、乙醛、甲醇、乙醇、甲醚、丙烯腈、甲酸、甲脂等许多复杂的有机分子，但发现醋酸分子还是第一次。醋酸的生成可能是生命的化学物质形成过程中的最初步骤之一，它与氨反应能生成一种最简单而又极重要的氨基酸——甘氨酸，而氨基酸是组成蛋白质的基本物质，蛋白质又是一切生物体的主要组成物质之一。

太空中的星际分子常常大规模地集结成分子云分布在银河系的旋臂中，它们的密度很不相同，范围从几十个天文单位到上百光年，通常，一个分子云拥有几十万个太阳质量。分子云的主要成分是羟基、甲醛、一氧化碳、氨等等，但不同分子云的分子种类往往很不相同。1995年3月，英国天文学家在天鹰座中发现

一片含有大量乙醇分子的“酒精云”，其中的酒精数量足以把地球上的海洋填满成千上万次，制成啤酒可供全世界人口享用10亿年！

发现星际分子是20世纪60年代最重要的天文事件之一。有关星际分子的研究不仅对天体演化学，银河系结构、宇宙化学等学科的发展有重要意义，也为我们进一步探索宇宙间生命的起源提供了新的线索。说不定，我们地球上的生命分子就来自宇宙空间。如果真是这样，那就更没有理由认为有生命的星球只有我们地球“独此一家”了。

行星系统

除太阳系之外，银河系中是否还有与太阳系类似的行星系统存在？如果有，究竟有多少？这一直是天文学家乃至生物学家都非常关注、热烈追求，但又一直未解决的问题。

科学家重视这课题的一个很重要的原因，在于它关系到地外文明的存在。

我们知道，在银河系中数量最多的是恒星，天文学家估计有好几千亿颗。但是假如仅仅存在恒星的话，那么无论恒星的数量多么大，都不能保证文明的存在，甚至不能保证有生命。

这是因为恒星表面的温度过高，不要说生命，就是物质分子也无法存在，只能在原子、离子、中子等简单的物质状态出现。

恒星提供了必要的能量，但生命必须在复杂的有机物能够存在的温度下才能形成，这些有机物是生命的化学基础。

这就是说，在恒星附近必须存在行星，行星从恒星得到能量，保持温度。可以设想，这样一颗行星上或许会存在生命。

星云假说

太阳系是我们确切而详尽地了解的唯一实例。除太阳系以外，我们无法详细观测任何恒星的邻近区域，以直接探明是否存在绕其旋转的行星。这样，我们只能从我们的太阳系入手，如果可以确定太阳系是怎样形成的，那么或许也能对形成其他行星系统的可能性得出结论。

第一个富有吸引力的太阳系演化理论是拉普拉斯的星云假说，这是1796年由法国数学力学家拉普拉斯提出的。该学说认为太阳系由一个转动着的热气星云形成。由于冷却，星云收缩，自转变快，离心力变大，形状变扁。在星云收缩中，每当离心力与引力相等时，就有部分物质留下，演化成一个绕中心转动的环，

以后又陆续形成好几个环。这样，星云的中心部分凝聚成太阳，各个环则凝聚成各个行星。较大的行星在凝聚的过程中，同样能分出一些气体物质环来形成卫星。

如果太阳是这样形成的，那么假设其他恒星也以同样的方式形成，就应该是合乎情理的。在这种情况下，每颗恒星都将有一个行星系统。问题是这种理论是否经得起严格的检验。

拉普拉斯星云假说最严重的障碍是所谓角动量困难。角动量是孤立物体或物体系统的转动趋势的度量，它等于角速度和物体转动惯量（在物理学上把物体的质量和它到转轴的距离平方的乘积，叫做这个物体的转动惯量）的乘积。按照角动量守恒定律，距离减小时，旋转的速度必定相应增加，反之亦然。

按照拉普拉斯的理论，星云在离心力作用下变成一个扁平盘状物，中心的太阳的转速应该很快才行。而实际上现在太阳的转速并不快，其赤道上一点大约每 27 天才转一周。

为什么太阳系形成时太阳转动很快，而现在转慢了呢？这不是违背了角动量守恒定律吗？

在太阳系中，质量占99.9%以上的太阳，其角动量只占约1%，而质量不到0.2%的行星等其他天体的角动量总和，却约占99%。这就是太阳角动量的特殊分布问题。

灾变假说

为了说明太阳系角动量的这种反常分布，天文学家一度抛弃了行星形成的渐变理论，转向灾变说。

根据这种理论，旋转着的原始星云只是缓缓地凝聚成太阳，而不形成行星。但是，后来太阳在运动中遇到了一场灾难，因此形成了行星，并将角动量传递给它们。

最早的灾变说的观念是法国博物学家布丰于1745年提出的，他认为曾经有一颗大彗星撞击太阳，从太阳撞出的物质形成行星。实际上，彗星的质量比起太阳来微乎其微，根本不可能撞出那么多的物质来形成行星。

1878年，英国天文学家毕克顿把这种学说修改了一下，认为是另一颗恒星碰到太阳而撞出物质。以后美国数学家张伯伦、英国天文学家金斯等人，分别于1900年到1916年提出类似的学说，认为是另一个恒星接近太阳时的起潮力，把一部分太阳物质吸出而形成行星。

仔细分析灾变理论就出现了困难，从太阳拉出来的物质流能够伸到那么远的地方形成行星吗？其他恒星的引力影响能够把足够的角动量传递给行星吗？本世纪 20 年代，英国天文学家爱丁顿推算出太阳核心的温度高达几百万度（现在采用的数值更高）。由太阳内部抛出的物质如此灼热，根本不可能凝聚为行星，只会膨胀为稀薄气体，消失殆尽。

星云说占了上风

山穷水尽之际，德国天文学家魏茨泽克重新提出一种星云假说，并尽可能运用自拉普拉斯以来一个半世纪里发展的知识对它作出详细说明。这种假说认为：太阳形成后被一团气体尘埃云包围着，云团转动而变为扁盘，盘中出现湍流，形成旋涡的规则排列，旋涡与旋涡之间还有次级旋涡，而行星正是由次级旋涡形成的。

以后，天文学家（如美国的柯伊伯）和化学家（如美国的尤里）改进了魏茨泽克的想法，提出了更能令人满意的解释行星形成的办法，但角动量的问题还是没解决。

瑞典天文学家阿尔文在这方面作了大量的研究工作，他详尽地描述了太阳在其早期抛射

物质，以及这些物质如何在太阳电磁场作用下获得角动量的方式。正是电磁场将太阳的角动量传递给太阳之外的物质，并使行星能够如此远离太阳，并拥有它们如今所具有的角动量。

现代天体物理学的发展有力地支持了星云说，使它成为当代太阳系演化学说的主流。这对地外智慧生物存在与否是至关重要的。

如果星云说是正确的，那么行星就是恒星演化的正常结果，行星系统大体上应该和恒星一样多。在这种情况下，地外智慧生物存在的可能性也许就很大。

相反，如果灾变说是正确的，那么行星的形成就成为一种偶然发生的事情，它有赖于宇宙中的某种浩劫，有赖于两颗恒星的邂逅相遇，而这种机会亿载难逢，这就意味着银河系中的行星系统为数很少，而在这很少几个行星系统中，存在文明的机会势必也就异乎寻常地小。

现在，星云说占了上风，这就是说大多数天文学家都认为银河系中存在行星系统是很普遍的。

由恒星的自转所作的估算

如果行星系统普遍存在于银河系，那么它们究竟有多少呢？

行星太小，又不会发光，用今天的天文观测技术，还无法直接观测到它们。因此，我们还必须从考察我们的太阳入手。

太阳是一颗确凿无疑拥有行星系统的恒星，它的最显著特点是自转异常缓慢，以致于太阳系全部角动量的90%左右都寄寓于它的那些无足轻重的行星之中。把这种情况外推，如果一颗恒星有行星系统，我们就可以设想它的自转较慢，反之，我们就可以设想它的自转速度较快。

怎样才能测定恒星自转的速度呢？尽管恒星在望远镜中只是一个光点，但还是可以推论出很多知识。星光是由各种不同波长的光混合而成的，这可按照波长的顺序展开，从波长很短的紫光到波长很长的红光，展开的结果就是“光谱”。

恒星的光谱往往彼此相差很大。天文学家经过种种尝试，最后确定将恒星谱分为O、B、A、F、G、F和M几种类型，每一类型又分为十个次型，如B_0、B_1…B_9等等。O型代表已知质量最大、最炽热、最亮的恒星，M型代表质量最小、最冷、最暗的恒星。太阳光谱属于G_2型。

1931 年，美国天文学家发现，恒星的质量越大，自转快的可能性也越大。光谱型为 O、B、A 的恒星以及较大的 F 型星（从 F_0 到 F_2），很可能都是自转较快的恒星。而 F_2 到 F_9，以及 G、K 和 M 型的恒星，很可能都是慢速旋转的。

因此，有一半的光谱型属快速自转恒星，而另一半则为慢速自转。但这并不表明恒星的数目也是等分的。因为，小恒星的数目比大恒星多，G 型或更小的恒星比 F 型或更大的恒星多得多。事实上，全部恒星只有 7%的光谱型属于从 O 型到 F2 型。

换句话说，自转快的恒星不超过 7%，而整整 93%的恒星都是慢速自转的。这样看来，至少有 93%的恒星存在具有行星系统的可能性，这是美国科学家阿西莫夫的结论。

美国另一位天文学家、研究地外文明的权威卡尔·萨根教授的估计，要比阿西莫夫保守些，他认为银河系中至少有 1/3 的恒星拥有行星系统。

从恒星的晃动寻行星

天文学家还发现一些恒星在太空中的移动轨迹不是一条直线，而是波状的曲线。也就是说，恒星在晃动。这究竟是怎么回事呢？

我们知道两个天体相互吸引时，其引力乃是双向的。严格地说，两个天体都不绕着对方转动，而是绕着公共重心转动。如果一个天体质量很大，另一个天体质量很小，对于大质量的天体来说，公共重心离其自身的中心很近，也许就在其本体之内，在这种情况下大天体表现出来的是一种晃动。这就是说，恒星的晃动是恒星受到一些看不见的天体的引力影响。

运用天体力学的理论，可以算出这些对主星产生影响、人们看不见的天体的质量、大小和运动轨道。据此，剔除那些可能是恒星的伴星，也许就能找到我们所要找的行星系统。

离我们只有5.9光年的巴纳德星就有周期性的运动变化。有的天文学家据此分析，认为它至少有两个行星，质量分别相当于木星的0.8倍和0.4倍左右。如果这是确凿的话，那么巴纳德星周围就有着不折不扣的行星系。目前，对此还有不同的看法。

到目前为止，在离太阳最近的20来颗恒星当中，至少有一半左右，天文学家怀疑它们周围存在一颗或几颗行星那样的天体。如果这个比例是普通规律，那么银河系中应有一半的恒星拥有行星系统。

真的找到其他行星系统了吗

尽管行星表面的温度很低，但是，毫无疑问，它也会不停地向四周辐射出红外线。如果能探测到某颗天体所辐射的红外线，再加上其他条件，即使不能用眼睛直接“看”到它，也可以确认它的存在。

1983年，美国、英国和荷兰三国研制和发射的“红外天文卫星”，给我们带来这方面的信息。根据它发回的资料，天文学家在织女星周围发现了由固体物质组成的尘埃云，尘埃云的温度很低，而且体积大致相当于太阳系中一颗普通行星，因此它不可能是恒星，而只能是颗行星。当然，这也可能是颗正在形成中的行星，是个行星“胎儿”。

另一个可能也有行星“胎儿”的恒星是绘架座β星。1984年4月，美国喷气推进实验室的理査德·J·代利尔和亚利桑那大学的布拉德弗德·A·史密斯，使用智利境内的拉斯坎纳斯天文台的2.5米杜邦望远镜，发现在绘架座β星的周围不仅存在星云，而且成圆盘状，直径约为1000亿公里。经研究认为，这是该星周围接近完成的行星系。

还有一颗比这些“胎儿”更具体些的行星，

那就是被称为“VB8B”的星。研究结果表明，它很像是颗行星，有可能成为我们长期寻找的太阳系之外的第一颗行星。本书已有专文介绍。

从以上探讨可以知道，要解决银河系中有多少行星系统的问题，有赖于太阳系演化理论的不断完善和观测手段的不断进步。有人估计到了21世纪，这两方面都会有突破性进展，届时对这个长期以来人们争论较多的问题，将会出现更加令人信服的证据。

星云和星际物质

充满物质的恒星际空间

我们已经知道了恒星的空间分布，了解到恒星之间具有广阔无垠的空间。那么，恒星际空间是不是一无所有的真空呢？如果有物质，又以什么形态存在呢？可以肯定地说，恒星之间不是真空，而是充满了形形色色的物质。这些物质包括星际气体、尘埃、粒子流、宇宙线和星际磁场等，统称为恒星际物质。这些星际物质的分布也是不均匀的。有的地方气体和尘埃比较密集，形成各种各样的云雾状的天体。

这些云雾状的天体就叫星云。“星云”这个名词仅有200多年的历史。起初把星际空间弥散的云雾状天体统称星云。后来随着天文望远镜分辨率的提高，这些星云又被分成星团、星系和星云三种类型。1924年以后，天文学家们把由气体和尘埃物质组成的星云确定为我们银河系内的天体。通过对星云和星际物质的观测研究，使我们更全面地认识恒星的形成与衰亡，更深刻地了解银河物质的空间分布。

形形色色的星云

银河系中的星云物质，就形态来说，可以分为弥漫星云、行星状星云和超新星剩余物质云；就发光性质来说，可分为发射星云、反射星云和暗星云。

从外形上看，弥漫星云没有明显边界，平均直径在几十光年，常常呈不规则形态。平均密度在每立方厘米10～100原子。大多数弥漫星云质量在10个太阳质量左右，它们主要分布在银河系内的银道面附近。弥漫星云又分为亮星云和暗星云，亮星云又分为反射星云和发射星云。

双星团等均属疏散星团。在银河系内已发现1000多个疏散星团。

昴星团由1000多颗恒星组成，眼睛直接看到的只有六七颗，它离我们约417光年。距昴星团不远处有毕星团，它由300多颗恒星组成，整个星团集体在空间移动，称为移动星团。蜂巢星团由多颗恒星组成，它也是移动星团。一般说来，疏散星团由年轻的蓝巨星组成。

球状星团由成千上万，甚至几十万颗恒星组成，外貌呈球形，越往中心恒星越密集。球状星团里的恒星平均密度比太阳周围的恒星密度高几十倍。同一个球状星团内的恒星具有相同的演化历程，它们属银河系中早期形成的恒星，大约100亿年了。球状星团多分布在银河系中心方向。比如，在人马座方向已发现30多个球状星团。在银河系中已发现约130个球状星团。最大最亮的球状星团是位于半人马座内的ω星团，相当于3等星的亮度，它距我们约1.6万光年。武仙座中的球状星团，在天文望远镜中犹如一朵盛开的菊花。它由约250万颗恒星组成，距我们约2.5万光年。

著名的猎户座大星云（M42）就是亮星云。它位于猎户座三星下面的小三星中间。1656年，被荷兰天文学家和物理学家惠更斯用自制的天文望远镜发现。用一般小型天文望远镜也

能观测到它。它形似艳丽的棉桃，分外壮观。它的直径约16光年，质量约为太阳的300倍，离我们约1500光年。1880年9月30日，一位美国医生、天文爱好者亨利·德拉普用口径28厘米的折射天文望远镜，首次拍下猎户座大星云的照片。现在已知，猎户座大星云和它周围的恒星组成一个疏散星团。这个星团中有许多高温恒星，它们发出强烈的紫外辐射，使这团气体受激发光。在这个星云中已发现有许多年轻的恒星。天文学家们正密切关注着猎户座大星云内的活动。

弥漫星云中的亮星云还有礁湖星云（M8）、鹰嘴星云（M16）、马蹄星云（M17）、三叶星云（M20）和玫瑰星云等。弥漫星云中的暗星云有猎户座马头星云等。

行星状星云呈现类似大行星的形状，中心空，类似吐出的烟圈。1779年，威廉·赫歇耳观测到这种天体时，给它们起名为行星状星云。在行星状星云的中央有一颗很亮的恒星，恒星周围的环不断向外膨胀扩张。可见，行星状星云的寿命不会长久。目前已发现1300多个行星状星云。它们的质量一般在0.1～1个太阳质量之间。著名的行星状星云有宝瓶座耳

轮星云和天琴座环状星云等。行星状星云属恒星晚年的结局。在银河系内普遍存在着行星状星云。其他河外星系中也有行星状星云。如仙女座星系中就已发现300多个行星状星云；大麦哲伦星系中发现400多个行星状星云；小麦哲伦星系中发现200多个行星状星云。

茫茫的星际物质

各类星云都属星际物质，它们是更密集的星际物质。银河系中星际物质的平均密度为每立方厘米1个氢原子，这种密度在地球上的真空都不能达到。然而就是这样的密度，银河系中星际物质总质量要占银河系总质量的10%。当然，星际物质的分布是不均匀的，它们主要分布在银河系的旋臂之中。

星际物质包括星际气体和星际尘埃。星际气体包括：气态原子、分子、电子和离子等。观测证实，星际气体的元素中氢占多数，其次是氦。这表明什么呢？这与太阳和恒星上的化学元素分布是一致的。这充分说明星际物质和恒星演化有密切关系。星际尘埃是指直径很小（十万分之一厘米）的固态物质，它们弥散在星际气体之中，大约是星际气体质量的10%。星际尘埃包括冰状物、石墨和硅酸盐等混杂物。

星际物质的成分显示出在辽阔的宇宙空间物质的统一性和多样化的特征。

通过烟尘或大雾观看物体时，会发现物体不清晰并变暗。通过地球大气中的薄云看星，星光也会大大减弱变暗。这些都是生活中最直观的大气消光现象。星际空间既然有星际物质存在，有没有星际物质的消光现象呢？当然有。星光在漫长的星际“旅途”中，穿过形形色色的星际物质，星光被吸收，使星光减弱，叫星际消光。星际物质使通过的星光被散射，散射的结果是使星光变红，叫星际红化。1930年，美国天文学家特朗普勒首次证明星际消光现象的存在。他在美国里克天文台观测研究星团时，发现远的一球状星团比预计的要暗要红。为什么会这样呢？是星团自身的性质问题？还是理论上的毛病？都不是。宇宙空间不是理想的真空，存在着星际物质“拦路”，造成星光被吸收和散射，引起星光变暗偏红。星际物质存在的客观事实，使天文学研究恒星世界要考虑一系列的改正问题。比如，银河系的直径要比以前确定的偏小；同时也引出一系列的新发现，如星际气体中氢的发现等。由星际物质引出的问题，说明人类的认识是有阶段性的，是

不断地深入发展的。

银河星团

银河星团的形状和恒星的集中度不规则，用望远镜可以分辨出其中各个单星。银河星团的直径一般不到几十光年，所含恒星数从十颗以上到几百颗不等。银河星团是属于星族 I 的天体，星族 I 的星是分布在银河系旋臂上的年轻、炽热的星，它们常常含有恒星从其中形成的原始星云状物质的痕迹。对一些离我们较近的银河星团，由于投影的原因，其成员星的自行不尽相同，它们从一点辐射出来或汇聚于一点，这样的银河星团又称为移动星团。

已列入星表的 1000 多个银河星团中，最引人注目的是昴星团和毕星团。位于金牛座的昴星团，又称七姊妹星团，因我国古代把其中的七颗亮星列为昴属而得名。其视直径约为 2°，距离太阳 417 光年，星数大约在 250～500 之间，它们都是较年轻的成员，估计为 5000 万年。这些星是从同一片星际云产生的，该云的遗迹还可从围绕着星团中一些星的云可见。著名的气壳星金牛座 28 就在昴星团内。

毕星团位昴星团的东南约 12°，其所以知

名是因为它是同类星团中距离我们最近的．新近测定的距离为153光年。该星团有400颗星，有一些是很暗的16等星，其真实光度不到太阳的二千分之一。与昴星团不同的是，毕星团的成员是老星，估计它们的年龄在4亿岁左右。但已知最老的银河星团却是巨蟹座的富致密星团M67和仙王座各星分布较分散的星团NGC188，M67含有约500颗星，距离太阳2500光年，约有100亿年了，NGC188的距离为M67的两倍，而年龄更大，估计为120到140亿年，它们是银河星团中突出的两例，其成员星较接近于球状星团中的成员。这两个星团的另一共同之处是它们均位于银河系主平面之上，M67在主平面之上1500光年，NGC188位于主平面之上1800光年。

星　协

分布在很大空间范围内的相同光谱型年轻恒星（年龄估计为百万岁至千万岁）的松散集团称为星协。由O型和B型光谱的大质量和高光度的主星序恒星组成的松散集团称为OB星协，它们多存在于银河系气体和尘埃较多的旋臂中，直径为100～150光年。银河星团常位于

星协中心附近，例如英仙座ζ星协包围着 h 和 X 双重星团；由质量稍小（3～10 倍太阳质量）的年轻亮星组成的星协称为 R 星协，它们照亮暗星云；T 星协是由与太阳质量相近的年轻金牛座 T 型星组成的星协，大多数 T 星协不到 30 颗星，但也有少数多到 400 颗星的 T 星协，R 和 T 星协常在年轻的银河星团附近出现。星协是不稳定的恒星系统，它们在 100 万到 200 万年内就会瓦解。已发现有的 OB 星协正在膨胀之中，星协的各成员星看上去是从一个公共的中心膨胀出来的，将各星的速度矢量倒着延伸回去汇聚一点便可估计出星协的年龄，英仙座Ⅱ星协的膨胀年龄稍大于 100 万年就是用此法求得的。星协的发现，说明直到现在银河系中还有恒星诞生，而且可以单个或成群地产生，这对研究恒星起源是很有意义的。

银河系内太阳系以外一切非恒星状的气体尘埃云称做星云。按形态来说，可分为广袤稀薄而无定形的弥漫星云、亮环中央具有高温核心星的行星状星云，以及尚在不断地向四周扩散的超新星剩余物质云（参见第四节超新星部分）。就发光性质来说，可分为被中心或附近的高温照明星激发发光的发射星云、因反射和散

射低温照明星的辐射而发光的反射星云、部分地或全部地挡住背景恒星的暗星云；前两者统称为亮星云。

银河系的邻居

在浩瀚的宇宙空间，像我们银河系一样的星城，叫河外星系，简称星系。目前，已发现约10亿个河外星系。真是城外有城。

河外星系也是由数十亿至数千亿颗恒星、星云和星际物质组成。河外星系本身也在运动。它们的大小不一，直径从几千光年至几十万光年不等。我们的银河系在星系世界中只是一个普通的星系。星系的结构和外观是多种多样的，星系的空间分布也是不均匀的，星系也是成双或成团存在的。我们银河系和它周围30多个星系组成一个集团，叫本星系团。其中离我们银河系最近的有大麦哲伦星系、小麦哲伦星系和仙女座星系等，它们都是我们银河系的近邻。目前已知星系团就有1万多个。通过对星系质量、形态、结构、运动、空间分布、内部恒星和气体的成分等方面的观测研究，进而促进对恒星和大尺度的宇宙结构的研究，这是当代天文学中最活跃的领域。

1926年，哈勃根据星系的形状等特征，系统地提出星系分类法，这种方法一直沿用至今。他把星系分为三大类：椭圆星系、旋涡星系和不规则星系。旋涡星系又可分为正常旋涡星系和棒旋星系。除此之外，也还有其他分类。对星系分类，是研究星系物理特征和演化规律的重要依据。

椭圆星系。外形呈正圆形或椭圆形，中心亮，边缘渐暗。按外形又分为8种次型。

旋涡星系。外形呈旋涡结构，有明显的核心，核心呈透镜形，核心球外是一个薄薄的圆盘，有几条旋臂。在旋涡星系中有一类外形宛如一个棒状物，也称棒旋星系。

不规则星系。外形没有明显的核心和旋臂，看不出旋转的对称结构，呈不规则的形状。

除上述哈勃星系分类以外，也还有特殊星系。特殊星系主要表现在星系核有明显的活动。

人类对巨大的星系世界的观测研究仅有几十年的历史。但是，对星系的特征和演化研究已取得了丰硕的成果。

星系大小。椭圆星系的大小差异很大，直径在3300多光年至49万光年之间；旋涡星系的

直径一般在1.6万光年至16万光年之间；不规则星系直径一般在6500光年至2.9万光年之间。当然，由于星系的亮度总是由中心向边缘渐暗，外边缘没有明显界线，往往用不同的方法测得的结果也是不一样的。

星系质量。星系质量一般在太阳质量的100万至10000亿倍之间。椭圆星系的质量差异很大，大小质量差竟达1亿倍。相比之下，旋涡星系质量居中，不规则星系一般较小。

星系运动。星系内的恒星在运动，星系本身也有自转，星系整体在空间同样在运动。

星系的红移现象。所谓星系的红移现象，就是在星系的光谱观测中，某一谱线向红端的位移。为什么有这种位移呢？这种位移现象说明了什么呢？根据物理学中的多普勒效应，红移表明被观测的天体在空间视线方向上正在远离我们而去。1929年，哈勃发现星系红移量级与星系离我们的距离有关。距离越远，红移量越大。这种关系被称之为哈勃定律。这是大爆炸宇宙学的理论。

银河系生物探源

奥兹玛计划和阿雷西沃

尽管我们还没有完全了解星际云究竟是怎样演变成行星系的，但是原始物质的角动量对于行星的起源乃至人类本身的存在起了关键的作用，这点是没有疑问的。这样看来，好像一切单星周围都会有微小的行星绕着转，只因离地球遥远而没有被我们探察到。既然太阳周围拥有行星可能不是独一无二的现象，那么我们作为行星上存在的居民难道会是唯一的情况吗？也许银河系中充满了行星，行星上居住着进化阶段相仿、或较为初级、或较为高级的各种生物。在银河系中我们

是孤门独户呢？还是另有等待着我们去联络交往的别的文明社会呢？

1960 年 5 月，美国绿岸射电天文台的学者把一架射电望远镜指向天仓五（鲸鱼座 i 星）。有没有从这颗星方向发来的波长为 21 厘米的射电辐射，是这些美国天文学家探查的目的。用同样的办法试图收听的对象还有恒星天苑四，也就是波江座 ϵ。这两颗星是怎样被选上的呢？它们离我们比较近，但并不是最近的星。一颗星的光需要 11 年，另一颗星则需要 12 年才能传到地球。这两颗星不仅温度、光度和质量与太阳十分类似，而且年龄也和太阳不相上下。

既然我们所在的太阳周围有一批行星绕着转，其中一颗上载有能造出无线电发射机的技术文明，难道那两个太阳就不该伴有具备技术文明的行星吗？

假如那里真的有生物，他们的技术发展水平和我们一样，那么我们能不能接收到他们发射的信号呢？我们自已早就向宇宙空间发射电波了。1945 年刚过，人们成功地把雷达脉冲发往月球并收到

了回波。登上月亮的宇宙航行员和远征太阳系边陲的空间探测器，可以按地球上发出的无线电指令进行调整。人们已经用雷达天线把无线电脉冲发射到了金星，而且接收到了雷达回波。我们不妨假想，把这座天线运往远方，架设在围绕另一个太阳运动的某个行星上！在这种情况下，用绿岸射电天文台的 26 米望远镜在 9 光年外还能收到这座天线发出的信号。如果用艾费尔高原埃弗尔斯堡的 100 米射电望远镜去探测这架雷达发射机，那么能观察的距离可以扩展到 30 光年。而太阳周围这么远的范围内已经包含恒星达 350 颗之多。如果用地球上那样的技术设备从其中之一的行星上发出电波，那么，彼得·梅茨格尔与理查德·维勒宾基（Richard Wielebinski）用这架望远镜应该能毫不含糊地倾听其信号。

天文学家在绿岸认真地监测天仓五和天苑四达 3 个月之久，可是并没有听到所搜寻的信号。于是这个课题只好暂停，让位给别的射电天文观测项目。根据童话王国奥兹（OZ）而取名叫奥兹玛

(OZMA)的这一计划就这样结束了。用行话来说，它又叫做“小绿人”计划。小绿人却总是杳无音信。

这能责怪对方吗？我们有没有体会到自己也担负着星际信息交流的责任呢？我们做到了向别的星球系统地发送信息没有？除了1974年11月16日的一次短时间定向发送以外，我们作出的努力还很不够。那一次试验，人们用了波多黎各岛上阿雷西沃镇附近的射电望远镜发送了一组历时3分钟的信息。由于这一天线能高度精确地对准目标，发送所及的距离也特别远。对准什么目标为好呢？人们把信息发往武仙星座中的一个球状星团，那是群星密集的场所，人们只要发送一下就能管到30万个太阳周围的行星。经过24000年后，信息就会传到。如果那时有一个文明社会用一架威力足够的射电望远镜，正好在关键的3分钟内指向我们的方向来听测，就能收到阿雷西沃信息；谁也难说这有多大的可能。阿雷西沃信息送往宇宙空间的时候正是在望远镜翻新后，人们想让它具有某种象征性

意义罢了。人类想要和宇宙中别的文明社会联络通信，就必须有计划地探测，而对方也必须有计划地发送信息。

在把我们的某些情况告诉其他文明社会的非系统性试验之中，还包括木星探测器先驱者10号和11号各带一块雕刻镀金铝饰牌。这两个飞行器完成了探测木星的任务后会飞出太阳系而奔向宇宙空间。像阿雷西沃信息那样，它们带去了有关我们在宇宙中的位置和关于人类本身的情况。别处的智慧生物只要把这种宇宙名片拿到手，就能了解我们相当多的情况，不过对他们将成为不解之谜的是我们的背面长相如何。

漫长岁月

我们在宇宙中是不是独一无二，也就是别的星球上或其邻近有没有生命存在？这个问题的提出比我们知道恒星是别处的太阳还要更早。尼古劳斯·冯·屈斯（Nikolaus von Kues，1401—1464）和乔尔丹诺·布鲁诺（Giordano Bruno，1548—1600）都曾为此伤过脑筋。为此，两人之中一位幸免于难，另一位不得不在烈火中为真理而献身。

讲到银河系中其他天体上的生命问题，这里只打算谈那种和地球生命的化学成分类似的情况；特别要提出来作为先决条件的是，这种生命离不开液态水。我们想知道，在某行星上是不是已经存在类似人类甚至进化阶段更高的生物。不论是这两种情况的哪一种，像地球上那样长的演变年代看来总是必需的。南非德兰士瓦省翁弗瓦赫特的发掘结果告诉我们，早在35亿年前地球上就存在过比较高级的单细胞生物蓝藻，而人们估算的地球年龄只比这个数量大10到15亿年。所以我们要搜索的对象星周围应该具备这样的条件，使原始生物至少已有40亿年之久能稳定地向较高级生物进化。

让我们来回顾一下我们这个行星上的生命发展史。天文学家海因里希·西登托普夫（1906—1963）作过这样的形象比喻：假想我们能把大约50亿年长的地球史压缩成一年，那么原来的1亿年就变成1个星期，实际演变中的160年就转化为一秒钟。这样一来，从宇宙和银河系最老的恒星起源到太阳和地球的形成用这样的压缩时间表示大约经历了1年。假定太阳系的行星，包括地球，形成于第二年

的1月份。那时大气的主要成分还是氢，也就是宇宙中最丰富的元素。后来，氢逃脱了地球引力的束缚，氮和氧成为地球大气的决定性成分。可是早在氢大气时代，简单的生命形态已经出现，而3月份就有了翁弗瓦赫特单细胞生物。生物仍在不断进化，但是我们了解得比较确切的只有假想压缩年的最后6个星期，这是因为得到了由化石揭示的信息。在此期间大部分的氢已经逃散，各类生物的习性转而与氧相适应。11月末是植物，稍后是动物征服了各个大陆；曾经在地球上称雄1星期。

银河系生物猜测

生物进化的过程如此漫长，把它和恒星演化的时间去对比没有什么不恰当。我们知道，天上有的恒星那样年轻，甚至爪哇猿人曾经是它们诞生的见证人。在这种恒星周围的行星上，目前高级生物还来不及形成。我们也知道，大质量恒星发光发热只有几百万年，这对于生物进化实在太短暂了。看来合适的对象只有从质量相当于或小于太阳的恒星中去找。银河系大约共有恒星千亿，其中绝大多数的质量都算“合格”，这是因为质量较大的恒星终究甚少。

除了百分之几的少数例外，银河系中恒星的发热年代都很长，足以使智慧生物渐渐形成。但尚不清楚的是这些星有没有行星围绕着它们转，因为只有在围绕恒星公转的天体上才能具备液态水所需的温度。可惜天文学家对别的太阳周围的行星还一无所知。由于它们实在太遥远，即使离我们最近的一些恒星确有这种伴侣天体绕它们转，人们也还没有能做到用望远镜直接观测这些微乎其微的对象。可是话说回来，别的太阳周围也有行星绕着转，这是非常可能的；首先，人们要打破生活在一个独特太阳系中这样一种概念的束缚。科学发展史曾一次又一次地表明，那种把人类放在宇宙中特优地位的想法，都是错误的信念。

我们已经了解，宇宙物质的角动量很可能使单星周围形成行星系。人类自己所处的行星系也支持这种观点。巨大行星木星和土星甚至以它们的卫星群在周围组成了具体而微观的"行星系"、看来这也要归因于角动量。因此，单星周围都有行星系在运转的假想是合理的。

如果在恒星形成的过程中由于角动量因素而产生了一对双星，那么即使在此以前行星曾经出现过，它们也应该在不长的宇宙演变岁月

中不是落到其中的一颗星上，就是被甩到宇宙空间。因为认真观测表明半数以上的恒星是双星，所以银河系中算下来还剩大约400亿恒星伴有行星。

问题又来了：这些行星与各自恒星的距离是否合适呢？一个行星至少应该满足的条件是它与所属恒星的距离使得辐射在它表面造成液态水所需的温度。在太阳系中，水星极靠近太阳，而离太阳比火星更远的所有外行星则受阳光照射太弱，不够温暖。别的恒星周围的行星我们始终还没有见到，怎样才能知道它们之中有多少已经具备了距离恒星恰到好处的条件呢？我们的办法只有和自己所处的行星系类比。地球无疑地处在太阳系生命带内部，火星和金星靠近此带边缘。“水手”号探测器拍得的照片表明，火星表面的荒凉程度和月球表面类似。尽管火星有大气并且含有水分，但是在它表面上软着陆的一系列“海盗”号探测器经过取土分析并没有发现生物细胞的任何迹象。前苏联的一批探测器测得的金星表面温度超过450摄氏度，所以金星也不是生物栖息的场所。在太阳系中我们似乎是独此一家。

只要仔细想想，一个行星必须同时满足多

少条件才能栖息生物，我们就会明白，天体具备适于生物的气候是多么希罕的巧例。1977年，在美国航空航天局工作的科学家迈克尔·H·哈特（Michael H. Hart）指出，只要把我们对太阳的距离缩短5%，地球上的生物就会热不可耐而不能生存；这段距离只要加长1%，地球就要被冰川覆盖。我们所居住的行星伸缩余地是不大的。因此他认为，外部条件合适，使生物能进化到较高级阶段的行星，在银河系中最多只有100万个。

在某个行星上如果适宜的气候能维护足够长的年代，生命确实会形成吗？这个问题应该去问生物学家，而不是天文学家。不过天文学家也能帮一点忙，除了少数例外，整个宇宙中化学元素的分布大体上是相同的。银河系中离我们最遥远的恒星，甚至别的星系中的恒星，它们的化学组成和太阳一样。没有由硫组成的恒星，也没有由汞组成的云团。压倒多数的情况下宇宙物质的最主要成分是氢，其次是氦，再其次才是其他的化学元素。我们可以向生物学家保证，即使是在一个遥远的、但气候适宜的行星上，他也能找到构成一切有机分子所需的各种物质。射电天文学家在气体云中发现了

名目繁多的各种有机分子，其中有乙醇和甲酸，有氰化氢和甲醚。当然，从这类简单有机化合物向那些构成生命基础的复杂分子演变，是一条漫长的道路。让我们假想，凡是可能孕育生命的场所生物实际上都已出现，那么银河系中可能有着100万个居住生物的行星，这些生物也许各自都已演变了40亿年，只不过它们理应处在各自不尽相同的进化阶段罢了。

文明社会的寿命

对于有生物栖息的行星，自然是只有当我们能够以某种方式和他们联系交往时，我们才感兴趣，而无线电信号似乎是这种联系的唯一可能办法。因此我们要问：银河系内这100万行星之中，有多少具备发射无线电信号的技术水平？如果这些地球外生物只要存在就不断发射信号，那么我们就会面对大致有100万个发射着信号的行星。可是蓝藻并不会发射无线电信号，而已经被原子弹毁灭了的智慧生物当然也无声无息。这样算来，合格的就只剩很小一个比例了。也就是说，这100万行星之数，既要考虑到一个文明社会具备发射信号的能力这段时期所占的百分比，还要估计到该处生命能

维持多久。

这就说到了最大的不定因素！我们只能以自己这一文明社会的经验作为依据。我们达到能向空间发送信号的技术水平，至今不过短短几十年。可几乎同时，人类就初次造出了只要一次打击就足以灭绝全球一切生命的大规模毁灭性武器。我们人类将会动用这种手段吗？难道一个技术文明社会充其量只有几十年功夫能向空间发送信号，接下来便是自我毁灭吗？然而，我们甚至连正式的发送都还没有开始。我们还没有制订出有目的有步骤的向宇宙空间发射信号的科研规划。不过，让我们乐观地假定一个文明社会是能够正确解决面临的问题的。不妨设想它会过上 100 万年的和平富裕生活，因而既能有充分雄厚的财力投入奢侈项目，也有足够的兴趣，在这整段时间向宇宙空间发送功率强大的无线电信号。这样算来，银河系中 100 万个有生物居住的行星之中只有 $\frac{100\text{万年}}{40\text{亿年}}\times 100$ 万个，也就是 250 个行星目前在发送信号。再假定这些行星是均匀地分布在银河系中，那么，相邻两个发信号的文明社会之间的平均距离约为 4600 光年。我们发出的信号要飞行 4600 年才能传到离我们最近的

发信号的文明社会，要等回音到达，则从头算起共需 9200 年。由此可见，抓住天仓五和天苑四那样两颗邻近恒星去搜寻简直是大海捞针，因为发信号的行星正好出现在它们身边的概率实在是太小了。看来明智的做法除非是搜遍 4600 光年内所有的类似太阳的单星所发送的信号。

圣经中的巴别通天塔自建造以来还不到 4000 年。如果一个文明社会生存并且发出信号的年代就限于这样一段时间，那么照上面的算法可得，银河系百万栖息生物的行星之中，当前正在发送信号的只有 $\frac{4000\text{万年}}{40\text{亿年}}\times 100$ 万个，也就是只有一个。这意思是除了我们自己以外，眼下在整个银河系中最多还有一个别的文明社会可能会发出信号。要是一个文明社会发送信号的年限只有 1000 年甚至更短，那么我们用射电望远镜去深探银河系，苦觅智慧知音就难免成为徒劳之举。

这里所讲的估算银河系中有多少行星正在发出无线电信号的方法包含了许多不定因素。在这里并没有把这个数字求得特别准，而是想说明这问题涉及哪些因素。通过这样的假想计算我们明白了一个道理，就是最大的不确定因

素是由于我们不了解一个技术文明社会能存在多久。一个文明社会开始发射无线电波后还能保持多长的年代呢？能有一个世纪吗？尽管技术发达了，但它还能否存在下去？或是由于技术先进了，它才得以保持生存呢？

我们提出了银河系中地外生命的问题，我们回到了人类在地球上继续生存的问题。

银河系红外光学

银河系研究进程

对银河系的系统研究可以追溯到18世纪后期。1785年W. Herschel用恒星计数的方法第一个研究了银河系的结构，他得到的银河系是一个轮廓参差，形状复杂，太阳位于中心的扁平盘状结构。直到1918年H. Shapley研究球状星团的空间分布时才发现银河系为透镜形，且太阳并不在中心。后来的研究表明银河系中存在大量可见光波段无法探测到的星际尘埃云，主要分布于银道面上。直到本世纪50年代初对银河系21cm中性氢原子谱线的观测才得到银河系各处氢云的密

度、温度、视向速度的分布，从而推知银河系是具有旋臂结构的 S_b 型旋涡星系。但由于这只显示出银河系中气体的大致分布，而构成银河系的主要成分——恒星的分布却是不得而知的。

虽然在射电波段银河系几乎是完全透明的，但由于密集于银道面的星际尘埃的严重消光，使在可见光波段完全不透明。

对于银河系内的星际消光，一般说来，下述公式成立：

$$A_v = 0.14\csc|b|\ [1-\exp(-10r\sin|b|)]$$

设太阳到银心距离为 10kpc 时，在银纬 b ≈0°附近得知 Av 仍大于 10。实际上在银道面上星际消光远比给出的大得多。实测表明在 |b| ≈0 时星际消光达 30 等之多。然而在 |b| ≥ 1°后明显下降，在 |b| ≈3°时，Av 仅为 |b| = 0°时的 1/10。另外，星际消光与波长密切相关，波长越长消光越小，例如 $A_v : A_H : A_K = 1 : 0.141 : 0.088$ 也就是说在近红外的 K 波段消光仅为可见光的 1/10 以下，而到了远红外和毫米波段，星际消光几乎可以忽略。这就是为什么对银河系结构，特别是银道面和银心的研究，可见光波段几乎无能为力，而红外毫米

波和射电波段大有用武之地的主要原因。

另外，由于银心附近恒星高度密集，其红外光度很强，因此，即使在地面上利用现有仪器也能克服地球大气吸收的影响，在几个近红外窗对其进行研究，但对银道面上恒星分布的研究，情况则大不一样了。由于其分布相对于银心较为分散，光度也低得多，因而不易观测到。更有甚者，在研究恒星分布最有利的 $\lambda < 5\mu m$ 波段，在地球大气层 100km 高度附近存在时间和空间分布上都迅速变化的 OH 夜天光的影响，使所有低于此高度对弥散弱源的近红外观测无法进行，只有 2.35—2.45μm 之间存在一个十分狭窄的不受 OH 夜天光发射影响的窗口。因此，对银道面红外辐射的近红外研究一般都利用高空气球或机载望远镜在 2.4μm 波段进行。对于远红外波段的研究，为克服地球大气的吸收，当然一般也在高空进行。

正如前述，由于星际消光的严重影响，可见光波段对银道面，特别是对银心的研究几乎不可能进行，这也就是为什么在 60 年代前银河系的研究长期停滞不前的主要原因。而不受星际消光影响的射电波段的观测又只能对其中的气体分布进行研究，对恒星及尘埃的分布研

究，无能为力。

60年代末以来，由于红外和毫米波天文学的发展，使银河系的研究进入了一个黄金时代，人们对银河系结构、组成、动力学问题等的看法大为观改。其中近红外对银心及银道面的研究提示出其中恒星的空间分布和组成，更加精确地得到以恒星质量为主体的银河系的质量估计及质光比的修正，同时更准确地定出银心的位置。远红外及毫米波则对银道面及银心区域的尘埃分布、尘埃性质等的研究作出了贡献，中红外波段红外谱线的研究则为探测银河系中存在的流动高速气体的情况及判断在银心是否存在致密天体起着不可忽视的作用。可以说，有了红外探测手段后，银河系大尺度结构及银心的探测研究才有了进一步发展的可能。

以下将分银道面的弥漫红外发射及银心的红外观测两个部分对银河系的红外研究进行进一步的讨论。

为得到银河系，特别是银道面上大尺结构的信息，应着眼于电磁波谱的两端，一端是γ射线，另一端则是红外和射电波段。因为电磁波的这两部分通过银盘时衰减都很小。银河γ

射线的研究主要提供星际气体的宇宙线的知识，射电天文则可提供星际气体和早型天体的信息，而红外天文学则对银河系的主要组成部分——恒星和星际尘埃的研究作出了重要的贡献。红外辐射深深地卷进了银河系的各种各样的物质和过程，其近红外辐射主要由占银河质量大部分的晚型星的发射所支配，另外深埋于气尘物质中的早型天体的紫外和可见辐射由周围的尘埃物质所吸收，然后再在中远红外引起再发射。这两部分红外辐射形成了银道面弥漫红外发射的主要来源，也支配了银河的动力学结构。另外中性和电离的重元素精细结构谱线和许多分子的谱线也产生于中远红外区域。但由于这些谱线强度太弱，因而目前对银道面的大尺度红外辐射的探测大都限于连续区的发射。

近红外发射

为避开地球大气吸收，特别是存在于 1—4μm 波段的 OH 夜天光的严重干扰，银道面近红外弥漫发射的探测主要利用高空气球在 2.4μm 波段进行。在 2.4μm 处探测到的银道面弥漫红外辐射按银经银纬的分布图，其中等

高线单位为 10_{10}W/cm^2，中心等高线为16。从这图可见处于银心附近的银河系核球部分是近红外发射最强的地方，其在经度上延伸大约±15°，在纬度上延伸大约±7.5°，分别对应于3kpc和1.5kpc的尺度。从银河核球沿银道面向外延伸，在银经 $l \leqslant 30°$ 和 $l \geqslant 310°$ 之内这种近红外弥漫辐射一直存在，只不过越远离银心强度越小，而微弱的近红外辐射一直沿银道延伸到 $l \geqslant 60°$ 和 $l \geqslant 290°$ 之外。值得注意的银道面上2.4um红外发射沿银经的分布看，北南半球明显地不对称，与北半球 $l=30°$ 处相对应的南半球等强度点为 $l=310°$，前者处于离中心5kpc，而后者却离中心达8—9kpc，这明显地体现了银河旋臂的特点。实际上 $l=310°$ 处正是盾牌——南十字臂（Scutum-Crux）的所在。从纬度分布上最直接的特点是近红外辐射强度分布基本沿银道面，在纬度上分布很薄，其半宽仅为2°—3°，相当于100—140pc的距离。这个值比最影响银道面近红外发射的K和M巨星分布的300—400PC的尺度要小很多，这个不一致主要由尘埃的消光所引起。另外可以发现，在南半球红外亮度的极大值基本处于银道上，但在北半球都向负纬度方向偏斜了

0.5°。

其实这是容易理解的，因为近红外发射主要体现恒星的分布，而后二者却直接揭示了尘埃的分布情况，远红外和CO强度大的地方意味着尘埃多，这样对近红外的消光也大。此外，值得注意的是l＝355° b＝－1°的地方，除银心附近外，这里近红外强度分布隆起第二个峰，而远红外和CO分布都十分弱，形成星际消光的一个“洞”，通过这个“洞”可以看到银河中心区很深的部分。

另外，小角度分辨率的IHKL对整个银道面上有选择单个天体的测光表明，单个近红外源的分布情况与上述弥漫红外亮度分布极为类似，明显的是在l＝30°处其数密度突然减少，且其纬度分布也很薄，特别有趣的是在l＝26－27°和l＝28°，单个红外源在纬度上很集中，这与AFGL源和OH/IR源的分布是一致的。这一分布特点正好说明了晚型巨星的分布对银道上近红外弥漫分布起着决定的作用。

远红外发射

银道面远红外弥漫辐射的研究用来揭示在银道面上星际尘埃的空间分布和温度分布的

情况，这主要是利用球载和机载望远镜以及IRAS来进行观测的。

银道面上$\lambda > 100\mu m$的远红外弥漫辐射从总体上看来与CO的分布极为相像，除了在银心附近亮度达最大外，沿银道面在$b \leqslant \pm 1.5°$内呈一个几乎等宽的窄带分布。在$\lambda = 100$，260和$300\mu m$测到的在银经10°--60°，银纬$-0.5° \leqslant b \leqslant 0.5°$之间的远红外弥漫辐射的强度分布。这种远红外的发射主要是由尘埃的热发射所导致的，由于它与CO分布相关可看出气尘间必然存在某种紧密的物理联系。由此可导出银道面尘埃的许多动力学的和物理的性质。首先，可以发现在远红外尘埃的发射率Q_ν与频率ν的关系呈幂律分布，即$Q_\nu \propto \nu^n$。由上述三个波段观测可得到$n \approx 2$。此外，可由其中两个远红外波测到的强度计算出尘埃温度Td。在银道面上$l = 10°$-43°区域得到的尘埃平均温度$T_d = 23K$。在T_d知道后就可求出在特定波长上的光深τ_d。在$10° \leqslant l \leqslant 43°$，$\lambda = 260\mu m$时平均光深$\tau_d \approx 6.2 \times 10^{-3}$，$\tau_{dmax} \approx 10^{-2}$，由此可见，在远红外银道面确实是光学薄的。假设银河中的平均气尘质量比与宇宙丰度相同，从而可得尘埃质量吸收系数$K_\nu = 4.6(\nu/10^{12}Hz)^2$，

由：

$\tau_d = K\nu NMd$ 就可求出尘埃质量柱密度 N_{md}，其在 $10° \leqslant l \leqslant 43°$ 内的平均值为 $N_{md} = 1 \times 10^{-3}$ g/cm^2。

在更短的波长上，IRAS 也对银道面的弥漫红外辐射进行了大量测量，其中实线为未去除个别强源时的情况，$l \approx 80°$ 的尖峰是天鹅座复合体的强发射。虚线则是去除个别源影响后的平均值。这个分布与银道面内氢原子的分布情况基本一致，而与 CO 的分布有些差别。由此得到的银道面上 $b \approx 0°$ 处尘埃温度的径向分布，其平均值为 22K，这与由更长波长上推出的 $T_d = 23K$ 十分一致。可见尘埃温度在银河中心显得比其它地方高。此外在大致 5kpc 处又达另一个极大值，这里恰对应于 $l = 30°$ 的地方。对于银道面上这种远红外弥漫辐射的来源存在两种不同看法。一种认为这主要是由 OB 星周围存在的低密底 H Ⅰ 区中的星际尘埃的贡献，这由 60μm，100μm 发射与氢原子分布相一致而得到证实。另一种则认为这是由星际辐射场加热的分子云中尘埃的贡献，其根据是在更长波长上的发射与 CO 分布相一致。哪一种看法更符合实际尚无定论，也许不同波长上远红外发

射的分布不但取决于尘埃的密度，也取决于尘埃的温度。

观测和研究

对银心在各波段的观测和研究是了解银河系结构及演化的最重要的内容。但如前所述，由于聚集于银道面上，特别是银心附近的星际尘埃的严重消光，使 $\lambda < 1\mu m$ 的可见光观测几乎不可能进行。射电观测虽然提供了在这一区域分布的气体的信息，但一方面目前单天线测量的空间分辨率尚不足以弄清中心 1′ 内的细节，又由于银心处于南天，使现有大多处于北半球的天线干涉测量十分困难。另一方面，对银心附近恒星的情况射电观测也是无能为力的。因此银心附近天体及尘埃的研究，特别是几个 PC 内的情况主要是通过近红外与远红外连续区以及红外谱线的观测得到结果的。

观测

最早的银心红外观测研究始于 1968 年，这是由 Becklin 等人对银心所作的 1.65，2.2，3.4μm 的宽波段测光。在此之后有不少在各种尺度上对银心近红外研究的结果，由此可以明

显看出，银心附近近红外亮度朝银道面集中，呈扁长形，轴比大致为 0.4，且越向银心近红外亮度分布越强。

银心附近的质量分布可由三种方法得到：一是由银道面内气体的转动速度，二是由星族Ⅱ天体的密度分布和速度弥漫，再就是由近红外辐射的分布。由于波长短于 1μm 时消光太大，波长太长时辐射又主要来自星际尘埃和气体，只有波长在 1—5μm 的辐射可用来确定以恒星为主体的银心附近的质量分布，这是由与 M31 相比较而得到的。由于在 M31 的中心部分消光较小，利用可见光观测就可得到其质量分布的信息，结果表明主要光度来自晚型星，且对 M31 的中心存在质光比 $M/L_v \approx 15$。如果假设银心附近的恒星组成与 M31 类似，那末从近红外的亮度分布就可得到银心附近的质量密度为：

$$P(a) = 7.6 \times 10^5 a^{-1.8} M_\odot/pc^3, \quad ①$$

$$其中\ a^2 = r^2 + z^2 (a/c)^2 \quad ②$$

这里 r 为从银河转轴量起的距离，z 为从银道面沿银纬方向的距离，c/a 为近红外表面亮度分布的轴比为：$c/a \approx 0.4$，由此可得银心附近任何地方平均质量分布的情况。根据近红外亮度

分布测定情况，(3.77)式对银心周围 500pc 范围内都基本适用，由此推得的离银心 R 处的各范围内的质量密度及质量如表 3-28 所示，这与用其它方法得到的结果符合很好。

下表　银心附近质量的分布

R (pc)	M (R) ($10^6_\odot$)	P (R) ($M_\odot/pc^3$)
1.0	4.4	4×10^5
10	70	7×10^3
100	920	1.1×10^2

在银心中心≈1pc 内质量更加集中，不再遵从上述关系，关于这一点下面还要提及。

此外，关于银心的准确位置，在红外观测未能利用前仅用间接方法测定过，精度到 1°，之后利用银河核球中晚型星的近红外分布以及单个 2.μm 和 10μm 源的位置以小于 1″ 的精度测定出银河中心处于 S_{gr} A (W)，其坐标为：a = $17^h42^m29^s3\pm0^s.15$，δ = −28°59′18″ ±3″，(1950)，而从射电观测得到的银河中心坐标为：

α = $17^h42^m29^s.291\pm0^s.005$，δ = −28°59′17″.6±0″.01。(1950)，可见二者符合十分好。其中所用银心距离由 RR L_{yr} 型星的观测得

到，一般取为 10kpc。

对于银心附近 1′（≈3pc）以内的详细情况，在近红外和中红外都有高分辨率的描图，在 2.2μm 和 10μm 银心中心部分的情况，其中各红外源 IRS1，IRS2 等简单用 1，2 等表示。另外超过±50 的数字，下面还要说明。首先从观测中发现，在这一区域中 2.2μm 发射的大致 1/3 来自最亮源 IRS7，1/3 来自另外的分离源，剩下 1/3 来自延伸的背景。而 IRS16 就是平均近红外亮度的中心，其与 SgrA（W）完全重合。

由 1.2—12.5μm 的红外观测可以发现处于银河中心上的 IRS16 源有 2′—3′的直径，在 1.6—3.6μm 上与恒星颜色相同，但在 4.9μm 处存在超量红外发射，其光谱与一恒星星团的类似，虽然也许太弱而未发现一般冷星中存在的 2.3μmCO 吸收，但有证据表明，这是一个密度超过$10^6M_{\odot}/pc^3$ 的致密的由足够早型或足够低光度的恒星组成的星团。对 IRS7 的观测表明存在与冷星中相同的 2.3μmCO 吸收，从其红外能谱分布和光度≈$10^5L_{\odot}$的光度，其能谱分布类似于猎户星云中的 BN 天体，可用 400K 黑体很好地拟合，但在这里没有任何射电辐射被探测到，它可能是一个刚经过原恒星阶段的极年青的

星。另外对 IRS11，12 而言也存在 2.3μm 的 CO 吸收，这些源可能是超巨星。而 IRS9，14，15，17 和 19 则有与之大体相同的颜色，它们可能是恒星或星团。剩下的 IRS1，2，5，6，10 一个是 λ<5μm 的近红外源，一个是 λ>5μm 中红外源．高分辨率描图表明，源的尺寸依波长而增。以上特点说明这些源是由厚的拱星气尘物质所包围的致密红外源。从以上近中红外探测到的源看来，银心附近确实存在恒星或星团的集中，其中大部分为晚型星，也有处于演化早期的恒星。

银心远红外辐射表明了其中星际尘埃的特征，由于这是由这区域中的恒星和星团发出的紫外和辐射，因此在某种程序上也给出这区域中恒星和星团的信息。

